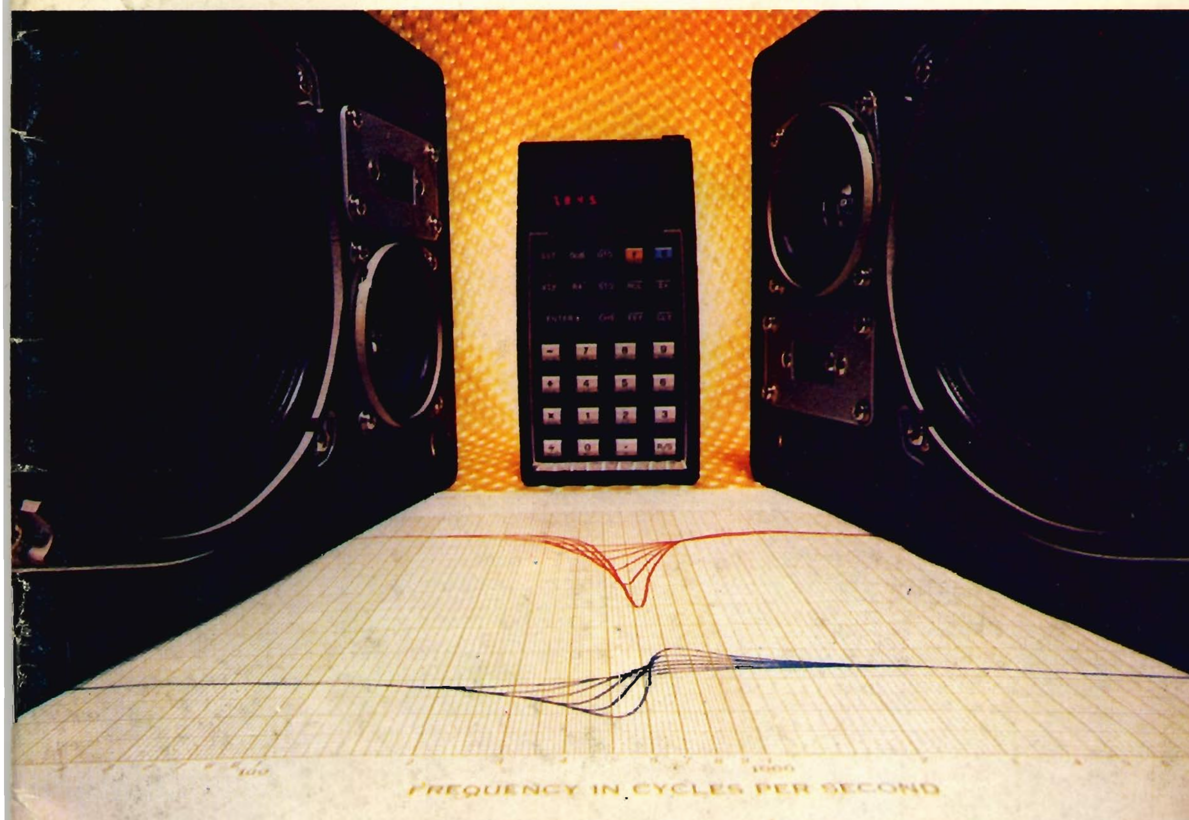
Anno XXVI - N. 12 - Dicembre 1981 - Lire 1.000

RADIORAMA

RIVISTA MENSILE EDITA DALLA SCUOLA RADIO ELETTRA
IN COLLABORAZIONE CON POPULAR ELECTRONICS

SEI TESTINE FONO STEREOFONICHE
FILTRI "SCRATCH" E "RUMBLE" DI ALTE PRESTAZIONI

GLI ALTOPARLANTI
- Il conflitto fra suono e caratteristiche tecniche



Speciale Hi-Fi



CONGEDO

Nel settembre 1956, venticinque anni fa, firmai l'editoriale del primo numero di Radiorama, la "Sua rivista", quella cioè dei Lettori, degli Allievi, ex Allievi e Amici della Scuola Radio Elettra.

Molte cose sono cambiate da allora nella vita sociale, nei rapporti tra le persone, nei miti e negli ideali; di meno sono cambiati, eccetto che nel progresso tecnologico, l'aspirazione a conoscere, il desiderio di "fare", la soddisfazione di migliorare.

Poiché questo è l'ultimo numero, il "congedo" cioè della Rivista dai suoi Lettori, Radiorama esprime la speranza di aver contribuito in qualche misura al raggiungimento di quei propositi. Molti, moltissimi hanno collaborato: tecnici, redattori, responsabili di rubrica, revisori, disegnatori, fotografi, impaginatori, bozzettisti, correttori, proto, stampatori, legatori, segreteria di redazione, amministrazione.

A tutti va il mio ringraziamento. A Lei Lettore, a tutti i Lettori, il mio, il nostro più affettuoso augurio di incontrarci ancora.

Vittorio Veglia

RADIORAMA

RIVISTA MENSILE DIVULGATIVA CULTURALE DI ELETTRONICA RADIO E TELEVISIONE
EDITA DALLA SCUOLA RADIO ELETTRA IN COLLABORAZIONE CON POPULAR ELECTRONICS

SOMMARIO

SPECIALE HI-FI

RADIORAMA N. 12

Anno XXVI -
Dicembre 1981
Prezzo: L. 1.000

Direzione - Redazione
Amministrazione -
Pubblicità:
Radiorama, via Stellone 5,
10126 Torino,
Tel. (011) 674.432
(5 linee urbane)

GLI ALTOPARLANTI

Premessa 5
Il conflitto fra suono e caratteristiche tecniche:
— *il punto di vista oggettivo* 6
— *il punto di vista soggettivo* 13
Sistema pilota a tre vie per altoparlanti 22

Registratore a cassette TCD-440A della Tandberg 31
Sei testine fono stereofoniche 36
Potenza d'uscita e distorsione negli amplificatori 44
Filtri "Scratch" e "Rumble" di alte prestazioni 48
Equalizzatore grafico ed analizzatore
di spettro Audio Control C-101 53

INDICE ANALITICO 1981 59

12

DICEMBRE 81

DIRETTORE RESPONSABILE Vittorio Veglia

DIRETTORE AMMINISTRATIVO Tomasz Carver

REDAZIONE Guido Bruno, Gianfranco Flecchia, Cesare Fornaro, Francesco Peretto, Sergio Serminato, Antonio Vespa

IMPAGINAZIONE Giovanni Lojacono, Giorgio Bonis, Adriana Provano

SEGRETARIA DI REDAZIONE Rinalba Gamba

SEZIONE TECNICA COSTRUTTIVA Scuola Radio Elettra, Popular Electronics

SEZIONE TECNICA INFORMATIVA Consolato Generale Britannico, EIBIS, Engineering in Britain, IBM, IRCI, International Rectifier, ITT Components Group Europe, Philips, S.G.S., Società Generale Semiconduttori, Siemens

HANNO COLLABORATO A QUESTO NUMERO Lorenzo Bianchi, Renato Pentore, Claudio Panero, Angiola Gribaudo, Giuseppe De Martino, Ida Verrastro, Lorenzo Sartoris, Adriana Bobba, Gabriella Pretoto, Mario Durando, Angela Valeo, Filippo Bosso, Andrea Vendittè, Giuseppe Pisello

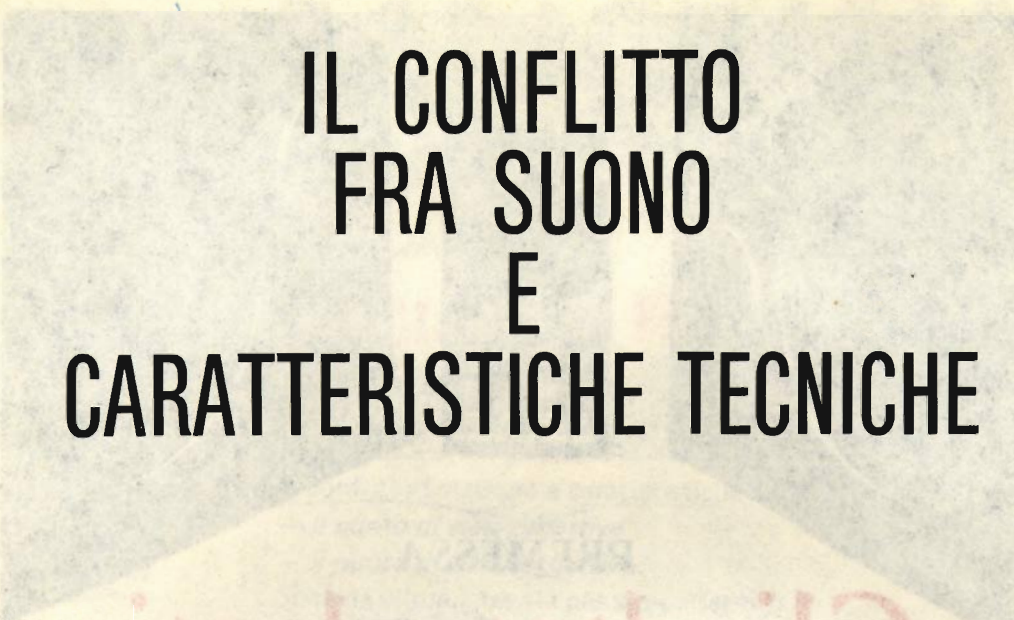
● Pubblicazione autorizzata con numero 1096 dal Tribunale di Torino ● Spedizione in abbonamento postale, gruppo III ● Stampa effettuata dalle Edizioni Piemonte S.p.A., via Marconi, 36 - 12049 Trinità (Cuneo) ● Pubblicità RADIORAMA, via Stellone 5, 10126 Torino ● Distribuzione nazionale Diemme Diffusione Milanese, via Taormina 28, tel. 68.83.407 20159 Milano ● RADIORAMA is published in Italy ● Prezzo del fascicolo: L. 1.000 ● Abbonamento semestrale (6 fascicoli): L. 5.500
● Copie arretrate, fino ad esaurimento, L. 1.000 il fascicolo ● In caso di aumento o diminuzione del prezzo degli abbonamenti verrà fatto il dovuto conguaglio ● I versamenti per gli abbonamenti e le copie arretrate vanno indirizzati a SCUOLA RADIO ELETTRA S.p.A. - Redazione RADIORAMA, via Stellone 5, 10126 Torino (assegno circolare o bancario o cartolina vaglia), oppure possono essere effettuati sul C.C.P. n. 17742107, Torino.



PREMESSA

Gli altoparlanti

Da sempre i trasduttori audio sono ammantati da un alone di mistero: altoparlanti, cartucce fonografiche e microfoni sono spesso considerati oggetti la cui scelta comporta il possesso di una dote quasi magica.
Piú misteriosi di tutti sono i diffusori acustici, poiché, sebbene vengano eseguite con cura tutte le misurazioni relative ad essi e pubblicati i dati, manca una procedura che consenta di mettere in relazione questi dati con il suono prodotto. Anche se a qualcuno può sembrare una soluzione assurda, può essere ragionevole scegliere, ad esempio, un amplificatore di potenza basandosi sulle caratteristiche tecniche che esso presenta. Ma solamente un ottimista adotterebbe un simile sistema per acquistare un diffusore acustico.
Nei primi due articoli di questa serie si cerca di fare un po' di luce sul mondo oscuro degli altoparlanti, nella speranza di scoprire come si sia giunti alla situazione attuale e come sarà possibile modificare in futuro questo stato di cose. Due autori americani altamente qualificati discutono, ciascuno in base alla propria esperienza e al proprio punto di vista, i problemi connessi con la traduzione in termini numerici delle prestazioni sonore presentate dai diffusori acustici. Nessuno dei due è riuscito a risolvere completamente la questione; in effetti, mentre essi erano impegnati a fornire il loro contributo per rispondere al alcuni quesiti, nuove problematiche sono sorte. Entrambi gli autori, tuttavia, indicano con i loro studi alcune interessanti direzioni lungo le quali potrebbero essere indirizzate ulteriori ricerche.
Nel terzo articolo di questa serie viene presentato un progetto per la realizzazione di un diramatore (in inglese "crossover") elettronico a tre vie.



IL CONFLITTO FRA SUONO E CARATTERISTICHE TECNICHE

1° Il punto di vista oggettivo

Raramente è possibile stabilire con accuratezza quali siano le prestazioni sonore di un diffusore acustico, avendo a disposizione soltanto i valori delle caratteristiche tecniche normalmente pubblicate dal costruttore, oppure altri dati ricavati mediante una delle normali misurazioni che vengono eseguite sugli altoparlanti. Qualsiasi correlazione fra questi due tipi di specifiche è considerata generalmente piú frutto del caso che altro, in quanto i dati teorici dichiarati dal costruttore, ricavati strumentalmente, non concordano quasi mai con i risultati pratici che si ottengono con esperimenti diretti.

Non esiste infatti un sistema per misurare le effettive prestazioni di un diffusore acustico, in quanto esse variano a seconda della sensibilità dell'ascoltatore e delle condizioni dell'ambiente in cui si effettuano le prove. La misurazione delle caratteristiche di un diffusore è quindi molto piú difficoltosa della misurazione delle prestazioni offerte da amplificatori, registratori o perfino da giradischi e cartucce fonografiche, poiché investe una serie di problemi che non esistono nel caso di questi ultimi componenti.

Sembra perciò assurda una controversia su un argomento cosí astruso come la velocità in salita di un amplificatore, quando problemi apparentemente elementari, come la misura della risposta in frequenza e della distorsione presentate dai diffusori acustici, sono ben lontani dall'essere risolti.

Risposta in frequenza - Un diffusore acustico è l'analogo di un'antenna. In effetti le leggi che descrivono la distribuzione dei campi irradiati dai due componenti sono praticamente identiche. Ciononostante, per diversi motivi, il diffusore acustico risulta piú

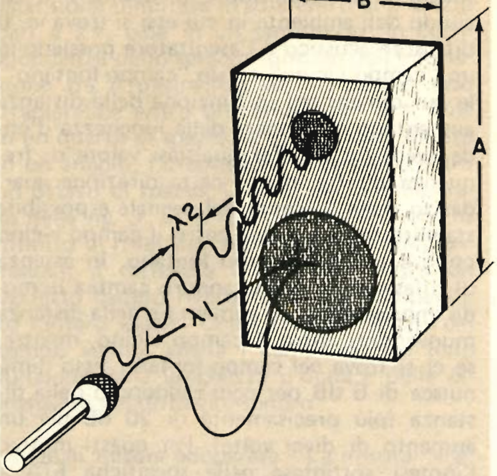


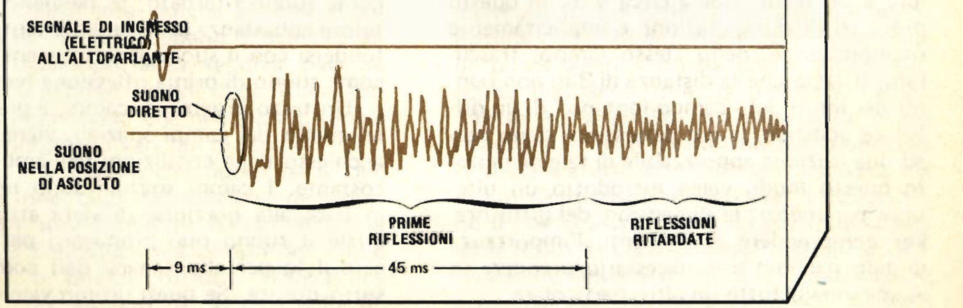
Fig. 1 - Il microfono si trova in condizioni di campo lontano per ciò che riguarda l'irradiazione con breve lunghezza d'onda (λ 2) emessa dall'altoparlante per gli acuti. Ma allorché la lunghezza d'onda (λ 1) del campo sonoro irradiato dall'altoparlante per i bassi diventa confrontabile con le dimensioni A e B della cassa acustica, il microfono si trova in condizioni di campo vicino. Tale collocazione del microfono può alterare il bilanciamento fra gli altoparlanti.

complesso.

Mentre un'antenna irradia segnali entro una gamma di frequenze ridotta e in uno spazio abbastanza ben definito, un diffusore acustico è chiamato ad irradiare segnali con tutte le frequenze comprese entro una banda di dieci ottave, in un ambiente che può presentare diversità enormi come dimensioni e forma. Un'antenna equivalente a un diffusore acustico dovrebbe essere progettata in maniera che possa funzionare su una torre qualsiasi, presentando un valore del guadagno costante da 1,0 MHz fino ad 1,0 GHz, cioè fino alle microonde, senza variare il proprio campo di irradiazione.

E' naturale, quindi, che il rilevamento delle caratteristiche eseguito dai costruttori lungo l'asse del diffusore costituisce esclusivamente una semplificazione necessaria ai fini descritti. Nel caso migliore, i dati cosí ottenuti risultano utili soltanto per effettuare paragoni fra vari tipi di diffusori, al fine di permettere il controllo di qualità sulla produzione; nel caso peggiore essi possono fuorviare completamente l'acquirente potenziale. Se si vuole caratterizzare un diffusore acustico anche in maniera molto grossolana, è necessario eseguire un numero molto piú

Fig. 2 - Un segnale costituito da un solo ciclo, inviato ad un diffusore acustico posto in un ambiente con caratteristiche sonore normali, da luogo ad una lunga successione di impulsi, a causa delle numerose riflessioni che via via pervengono al microfono.



grandezze di misurazioni.

Per misurare il valore di una qualsiasi grandezza, o variabile, occorre concentrare i propri sforzi su essa, mantenendo costanti tutte le altre, le quali saranno indicate con il nome di "parametri". In una misura elettrica i parametri possono comprendere grandezze quali la tensione di alimentazione, l'impedenza di carico, la temperatura e l'umidità ambientale. I parametri che vengono considerati durante una misura delle caratteristiche presentate da un diffusore acustico comprendono, oltre a quelli già menzionati, le condizioni dell'ambiente circostante, le posizioni dei diffusori e dei dispositivi di rilevamento, il tempo della misura e perfino le dimensioni e la forma presentate dal dispositivo usato per effettuare il rilevamento.

Nella pratica comune si minimizza il problema delle condizioni ambientali effettuando la misura entro una camera anecoica. In un tale ambiente le riflessioni risultano di ampiezza trascurabile. Supponendo poi che l'ascoltatore si collochi lungo l'asse centrale del diffusore, viene scelta per il microfono una posizione lungo il medesimo asse. Queste condizioni di misura dovrebbero consentire di ottenere valori riottenibili in un gran numero di situazioni di misura differenti; inoltre, anche se le grandezze a cui si riferiscono i valori rilevati sono caratterizzate da un contenuto di informazioni limitato, tali grandezze possono essere applicate a qualsiasi diffusore acustico.

L'ipotesi successiva è che sia possibile utilizzare una singola posizione di misura ad una distanza prefissata (pari normalmente a 3 m, oppure a 10 piedi in qualche norma americana) dalla superficie frontale del diffusore acustico. Nelle specifiche riguardanti la sensibilità, misurate secondo le norme EIA e frequentemente pubblicate dai costruttori, il valore rilevato a questa distanza viene quindi estrapolato per ottenere il valore a 30 piedi, cioè a circa 9 m. In questo processo di estrapolazione è implicitamente riconosciuto e, nello stesso tempo, trascurato, il fatto che la distanza di 3 m non rientra nei limiti del "campo lontano" di un diffusore acustico, le cui dimensioni siano pari ad una frazione apprezzabile di tale distanza. In questo modo viene introdotto un ulteriore parametro: le dimensioni del diffusore. Per comprendere esattamente l'importanza di tale parametro è necessario prendere in esame innanzitutto un altro particolare.

Campi sonori Vi sono tre modi di considerare il campo sonoro creato da un diffusore acustico lungo il percorso compreso fra esso e l'ascoltatore. Il primo dipende dal diffusore e dall'ascoltatore medesimi e il secondo dall'ambiente in cui essi si trovano. Il diffusore acustico e l'ascoltatore possiedono un "campo vicino" ed un "campo lontano", le cui dimensioni in funzione della distanza aumentano al crescere della lunghezza d'onda (ved. *fig. 1*). Per qualsiasi valore di frequenza diretta in una certa direzione guardando dalla sorgente del segnale è possibile stabilire se ci si trova entro il campo vicino oppure entro il campo lontano. In assenza di riflessioni, il livello sonoro cambia in modo imprevedibile all'aumentare della distanza muovendosi entro il campo vicino, mentre, se ci si trova nel campo lontano, esso diminuisce di 6 dB per ogni raddoppio della distanza (più precisamente di 20 dB per un aumento di dieci volte). Per questi motivi, l'ipotesi sottintesa nelle specifiche EIA è che un valore di livello sonoro rilevato in regime di campo vicino può venire estrapolato al campo lontano.

Il secondo modo con cui è possibile descrivere il campo sonoro è quello di considerare l'ambiente nel quale sono situati il diffusore acustico e l'ascoltatore. Sono tre i campi generati: quello diretto, quello di prima riflessione e quello di riflessione ritardata. Il campo diretto è formato da raggi sonori che provengono direttamente dall'altoparlante e che l'ascoltatore intercetta (o che può intercettare) prima che vengano riflessi. Questo è l'unico campo che si stabilisce entro una camera perfettamente anecoica. I campi di prima riflessione e di riflessione ritardata vengono definiti in base alle caratteristiche proprie dell'orecchio umano. Un suono riflesso, che giunge sufficientemente ritardato da poter essere percepito come un'eco distinta, viene indicato come suono ritardato; se perviene all'ascoltatore abbastanza prontamente tanto da confondersi con il suono diretto, viene indicato come suono di prima riflessione (ved. *fig. 2*).

Un terzo insieme di campi, e precisamente quello dei campi spaziali, viene definito anch'esso dalle condizioni dell'ambiente circostante. I campi spaziali sono individuati in base alla porzione di sfera attraverso la quale il suono può propagarsi per raggiungere il (o per allontanarsi dal) componente sotto misura. Se quest ultimo viene installato alla

to nel centro di una camera anecoica ideale, l'irradiazione avviene entro un campo libero, di ampiezza 4π, cioè nell'intero spazio. Un diffusore installato in una parete di estensione illimitata irradia entro uno spazio pari a 2π, cioè in un semispazio; in corrispondenza dello spigolo formato dall'intersezione fra il pavimento ed una parete, esso irradierebbe entro un campo pari a π, cioè in un quarto di spazio; se invece fosse situato in un angolo, l'irradiazione avverrebbe entro un ottavo di spazio. Quanto detto è illustrato nella *fig. 3*. Se si manifestasse un numero infinito di riflessioni provenienti da direzioni casuali, il diffusore irradierebbe entro un perfetto campo riverberante che occuperebbe l'intero spazio. Come avviene nel caso del campo vicino, anche i campi spaziali sono funzione della lunghezza d'onda e delle dimensioni del diffusore sonoro.

Quali misure adoperare - La misura "anecoica", cioè in campo libero, è basata sul principio che solamente il campo diretto è importante ai fini dell'ascolto. A differenza di questo, il metodo di misura della risposta in frequenza denominato "risposta in potenza", condotto in condizioni di campo riverberante vero oppure calcolato, si basa sull'ipotesi che solamente il suono riflesso sia importante. Con quest'ultimo metodo, inoltre, non si fa nessuna distinzione fra il campo sonoro dovuto alla prima riflessione e quello dovuto alle riflessioni ritardate. Ma un sistema di misura dovrebbe trovare il suo fondamento nella corrispondenza con l'effettiva situazione di ascolto. L'uomo è sensibile al suono diretto, al suono dovuto alla prima riflessione oppure al suono prodotto dalle riflessioni tardive? L'ascoltatore si pone entro il campo sonoro vicino oppure in quello lontano? L'irradiazione avviene in tutto lo spazio oppure in un semispazio? Sfortunatamente la risposta è: tutte queste cose contemporaneamente. Anche se le opinioni degli esperti che si occupano di acustica discordano sull'importanza relativa rivestita da ciascuno di questi campi, concordano tuttavia nel riconoscere che nell'ascolto usuale si incontrano tutti i vari tipi di campo.

E' fuori di dubbio che buona parte dell'informazione circa la direzione di provenienza del suono emesso da un diffusore acustico è contenuta nel campo del suono diretto ed in quello costituito dalle prime riflessioni. In ambienti di ascolto delle dimensioni di un comune soggiorno è anche possibile che buona parte dell'impressione di bilanciamento tonale del diffusore percepita dall'ascoltatore sia dovuta al campo diretto ed a quello costituito dalle prime riflessioni, i quali dominano nel suono che si stabilisce in simili ambienti a scapito del suono ritardato. D'altra parte, il campo sonoro che si instaura in uno spazio di grandi dimensioni è ricco di raggi ritardati e relativamente povero di suoni di prima riflessione. Per tale motivo, un diffusore acustico

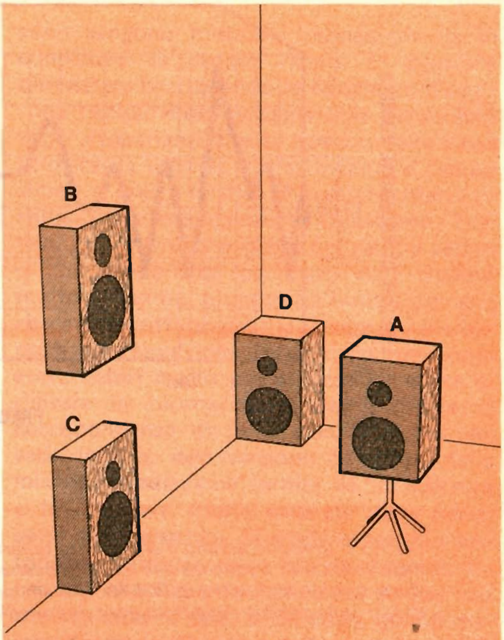


Fig. 3 - Campi spaziali di un diffusore acustico. Il diffusore A irradia in tutto il campo, il diffusore B in metà spazio, il diffusore C in un quarto di spazio ed il diffusore D in un ottavo di spazio. Questa suddivisione è approssimativa, in quanto non sono prese in considerazione le dimensioni degli altoparlanti. In pratica, il campo sonoro irradiato dal diffusore D, ad esempio può risultare modificato collocando l'altoparlante per i bassi in un ottavo di spazio, mentre l'altoparlante per gli acuti (a causa delle sue dimensioni) si trova ad irradiare in tutto lo spazio.

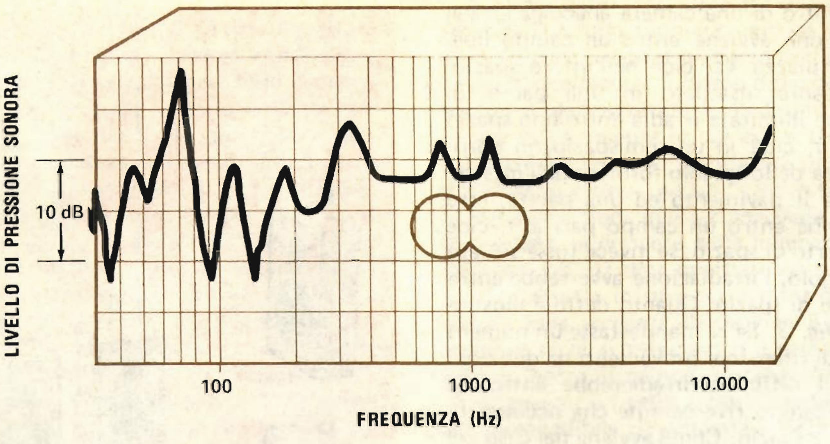


Fig. 4 - L'orecchio umano è abbastanza tollerante nei confronti di variazioni che si manifestino nella risposta in frequenza alle basse frequenze, e può non avvertire picchi e avvallamenti che si trovino al di sotto di 200 Hz. Avvallamenti di minore entità (zona non colorata), situati nella gamma delle frequenze intermedie, risultano di gran lunga piú disturbanti.

che dà luogo ad un suono piacevole quando è installato in un piccolo ambiente può risultare scadente all'ascolto quando viene collocato in una grande sala, e viceversa.

Per ciò che riguarda la distanza, un diffusore acustico piccolissimo viene ascoltato sempre in condizioni di campo lontano. Tuttavia sistemi di diffusione sonora di dimensioni piú grandi possono essere progettati effettivamente per venire utilizzati in condizioni di campo vicino. Questa è la situazione che si verifica nel caso dei grandi diffusori planari o del tipo a pannello, adoperati in piccoli ambienti. In tal modo, giocando con tutti questi parametri, è possibile ottenere un grandissimo numero di dati sull'efficienza e sulla risposta in frequenza presentate da un diffusore acustico. Il costruttore di un simile sistema può verosimilmente essere tentato di pubblicare la migliore curva possibile e di regolare i parametri in gioco durante la misura in modo da ottenere tale curva. Un metodo di misura piú utile, tuttavia, può essere quello di scegliere i valori dei parametri in base alle caratteristiche costruttive del diffusore ed alle condizioni d'ascolto in cui questo sarà impiegato.

Distorsione - I prodotti di distorsione sono costituiti generalmente da frequenze non volute, generate in seguito all'applicazione di un segnale. Se il problema della loro quantificazione viene visto come uno speciale tipo di misura di risposta in frequenza, risultano subito evidenti le difficoltà che ne derivano. Permangono tutti i problemi precedentemente menzionati oltre a qualcun altro che può provocare il verificarsi di uno spostamento temporale o spaziale dei prodotti di distorsione rispetto al segnale di prova. A peggiorare la situazione contribuisce il fatto che alcuni segnali sono ricchi di frequenze incoerenti, cioè sono simili al rumore prodotto dalla turbolenza che si verifica entro la bocca di un diffusore acustico per bassi, per cui diventa difficile conoscere a priori quale sarà la distribuzione spettrale.

La presenza di ritardo temporale è sintomatica nel caso di distorsione sensibile alla posizione. In un certo diffusore acustico gli altoparlanti possono essere sistemati sul pannello frontale in maniera tale che il tempo di arrivo del suono sia costante con la frequenza in corrispondenza di una

posizione lungo l'asse; ma, nonostante ciò, possono verificarsi seri errori di natura temporale spostandosi da una parte o dall'altra. Analogamente, può verificarsi in maniera sostanziale lungo l'asse, o in modo meno evidente al di fuori di questo, una distorsione dovuta a modulazione di frequenza (MF); tale tipo di distorsione si verifica quando un altoparlante che sta irradiando suoni ad alta frequenza viene spostato in avanti e all'indietro da un suono di bassa frequenza, che in tal modo modifica il suono ad alta frequenza a causa dell'effetto Doppler. Se all'ascoltatore perviene una forte quantità di suono di prima riflessione, proveniente da tutte le direzioni verso le quali irradia l'altoparlante, la misura della distorsione di tipo MF effettuata lungo l'asse può dar luogo a risultati che non concordano con l'esperienza sonora che si ha nelle condizioni di ascolto reali.

La distorsione provocata dal movimento del cono causa un altro inconveniente; la risposta in frequenza viene generalmente rilevata servendosi di livelli ridotti del segnale di ingresso, ma il diffusore acustico è anche chiamato ad irradiare segnali di forte intensità. Una risposta in frequenza che risulta buona quando viene rilevata servendosi di segnali di ingresso di piccola intensità può diventare sempre piú scadente a mano a mano che il livello della potenza aumenta, oppure la distorsione può aumentare fino al punto in cui la risposta presentata dal diffusore ad alcune frequenze diviene praticamente inutilizzabile.

Può darsi che la caratteristica di non direzionalità presentata in corrispondenza delle basse frequenze consenta di alleggerire i problemi di posizionamento; ma l'emissione a queste frequenze è effettivamente non direzionale? Certamente se in una stanza si aumenta il livello della pressione statica, quest'ultima raggiunge rapidamente il medesimo valore in tutto l'ambiente. Ciò corrisponderebbe alla condizione in continua, con frequenza nulla, o, in altre parole, con lunghezza d'onda infinita. Ma man mano che la lunghezza d'onda raggiunge dimensioni finite, cominciano a verificarsi fenomeni di direzionalità. Ma le dimensioni finite sono riferite al cono, allo schermo o alla parete che si trova dietro? Ancora una volta la risposta è data dall'insieme di tutte queste cose.

Le caratteristiche di un diffusore acustico vengono misurate frequentemente in condizioni di campo vicino. E' possibile dimostrare che, quando le lunghezze d'onda sono decisamente maggiori delle dimensioni degli altoparlanti che si trovano nella cassa acustica, la risposta corrispondente al campo vicino e quella relativa al campo lontano risultano fondamentalmente equivalenti. Tuttavia, un microfono posto nel campo vicino di un altoparlante per bassi deve trovarsi molto prossimo al cono. La limitazione che nasce da un siffatto posizionamento, e che impone che l'escursione del cono sia mantenuta entro valori molto piccoli, non permette di rilevare le caratteristiche del diffusore in corrispondenza di livelli sonori molto elevati. Inoltre, non vengono comprese nella misura l'irradiazione fornita da un'apertura e le emissioni spurie emanate dalle pareti della cassa acustica. Si rende necessario sottoporre a misure tutte queste sorgenti, sia per ciò che riguarda l'ampiezza sia per ciò che riguarda la fase, e calcolare quindi matematicamente il valore della potenza totale irradiata. Questo diventa particolarmente complicato quando viene adottata la tecnica del campo vicino per misurare la distorsione. Se il microfono viene posto sufficientemente lontano dal cono, tanto da consentirne la piena escursione alla frequenza fondamentale, esso si può trovare situato entro il campo lontano per quello che riguarda i prodotti di distorsione, che possiedono lunghezze d'onda inferiori. Risultano anche difficili da calcolare le differenze nella distorsione nel caso di emissione dall'apertura o dalle pareti delle cassette acustiche.

Il segnale di prova - Dopo aver deciso quali sono i parametri di misura da utilizzare per avere risultati soddisfacenti, è necessario effettuare la scelta del segnale di ingresso. Si tratta di un soggetto molto critico, in quanto la scelta di un segnale di prova inopportuno può contribuire a rendere impossibile o per lo meno difficile l'interpretazione dei risultati.

Se, ad esempio, viene condotta una prova della risposta in frequenza in condizioni ambientali di campo libero, un segnale di prova adeguato è costituito da un'onda sinusoidale con frequenza variabile. Ma, l'impiego di un simile segnale in condizioni di campo riverberante produrrebbe come effetto la sovrapposizione delle onde stazionarie proprie dell'ambiente alla risposta del diffusore. Per

ovviare a questo inconveniente si dovrebbe utilizzare un segnale con ampiezza variabile, oppure un segnale costituito da rumore a larga banda; in entrambi i casi sarebbe però necessario effettuare la media temporale dei risultati, a causa del fatto che i due tipi di segnale variano nel tempo. Non soltanto occorrerebbe decidere i particolari del processo di media (costante di tempo, ecc.), ma anche quale dovrebbe essere la larghezza di banda coperta dal segnale variabile oppure dal rumore. Lo scopo sarebbe quello di attenuare tutte le variazioni dovute al contributo apportato dalle caratteristiche dell'ambiente, mantenendo però le particolarità più salienti dovute al diffusore acustico.

La maggior parte delle risposte rilevate in condizioni di campo riverberante, come ad esempio quelle denominate "risposte in potenza", viene misurata servendosi di costanti di tempo lunghe e di bande con larghezza pari ad un terzo di ottava. Il motivo per cui viene scelta questa larghezza risiede nel fatto che le bande di un terzo di ottava sono prossime a quelle che sono chiamate "bande critiche di mascheramento". Queste ultime sono interpretate come larghezza di banda di rumore in cui un segnale sinusoidale con uguale potenza risulterebbe appena udibile dall'orecchio umano. Sfortunatamente è stato dimostrato che le bande critiche sono considerevolmente più strette di un terzo di ottava, specialmente nella regione in cui l'orecchio risulta più sensibile (all'incirca da 800 Hz a 5 kHz). Per effettuare misure che siano in grado di riflettere con precisione le variazioni che si manifestano nella banda critica più stretta sarebbe necessario utilizzare bande di rumore con larghezza pari a un decimo di ottava. La *fig. 4* mostra come, mentre la presenza di variazioni abbastanza ampie che si manifestano in corrispondenza della gamma più alta delle frequenze basse può non essere rilevata, l'orecchio umano è estremamente poco tollerante nei confronti di variazioni che si manifestano nella gamma di frequenze compresa fra 800 Hz e 5 kHz. In modo analogo, qualsiasi analisi delle differenze assolute di fase e di tempo, o di qualsiasi altra variabile, deve essere posta in relazione con la capacità di rilevare tali variazioni da parte dell'orecchio umano nell'ambiente in cui avviene l'ascolto. L'analisi deve mostrare come varia tale capacità di rilevamento a seconda della posizione dell'ascoltatore e del diffusore acustico nell'ambiente d'ascolto.

L'ingresso - Finora si è presa in esame solamente l'uscita del diffusore acustico, ma l'interfacciamento con un amplificatore è altrettanto necessario. La misura usuale di questo interfacciamento è costituita dall'impedenza presentata dal diffusore, la quale viene spesso riportata sotto forma di un solo numero. E' però risaputo che il valore di tale impedenza è soggetto a variazioni notevoli con la frequenza e, particolare ancora più importante, può diventare più o meno reattivo. Per tali motivi un amplificatore può risultare caricato con un carico resistivo in corrispondenza di alcune bande di frequenza e con un carico praticamente costituito da una reattanza pura in corrispondenza di altre gamme. A seconda del modo in cui è progettato l'amplificatore, queste variazioni possono condurre a malfunzionamenti di varia natura, quali il taglio prematuro delle creste dei segnali, la distorsione e l'instabilità. E' quindi possibile che un diffusore emani un suono eccellente quando viene collegato ad un amplificatore ed un suono rauco quando è connesso ad un altro apparecchio che non sia in grado di sopportare variazioni di impedenza di notevole entità.

Conclusioni - Si potrebbe essere tentati di concludere che è praticamente impossibile ricavare specifiche di natura quantitativa circa le prestazioni offerte dai diffusori acustici; la verità però è che tale procedimento è estremamente difficoltoso. La maggior parte delle informazioni tecniche fornite dai costruttori ha scarsissimo valore; ma le manchevolezze presentate da questi dati sono note e possono essere superate. Grazie al fatto che le misure effettuate oggigiorno presso i laboratori per la progettazione dei diffusori acustici vengono poste in correlazione con le impressioni soggettive, stanno diventando sempre più note le relazioni che intercorrono fra questi due campi di valutazione, che fino ad ora erano mutuamente esclusivi. Si conosceranno quindi sempre meglio i parametri giusti per la misura delle caratteristiche dei diffusori acustici, e di essi si terrà conto nello stabilire misure standardizzate. Quando ciò si sarà verificato, sarà possibile fornire caratteristiche che indichino effettivamente le qualità soggettive di un sistema per la diffusione sonora.

Daniel Queen

2°
Il punto di vista soggettivo

Alla maggior parte degli ascoltatori la riproduzione musicale ad alta fedeltà dà l'impressione di assistere personalmente ad una esecuzione dal vero. Ma questo senso di realismo non può venire misurato; si tratta di una sensazione soggettiva, percepita da chi ascolta. E' l'impressione che l'esperienza che si sta vivendo corrisponde ad un'altra esperienza, vissuta precedentemente, e che si sta ripetendo nelle stesse condizioni.

Molti di coloro che ricercano la riproduzione musicale ad alta fedeltà scoprono, prima o poi, che diffusori acustici prodotti da ditte differenti riproducono in maniera abbastanza diversa quello che dovrebbe essere il medesimo suono. Alcuni ritengono che il sistema per scegliere il miglior diffusore sia quello di ascoltare e di confrontare il realismo presentato da un sistema per la diffusione sonora con quello offerto da un altro sistema. Altri pongono in relazione il realismo con la precisione, cioè con la fedeltà di riproduzione misurabile in maniera oggettiva, e cercano di scegliere tra vari modelli il diffusore migliore confrontando i valori delle caratteristiche tecniche pubblicate dai rispettivi costruttori, con particolare riguardo alla risposta in frequenza.

Ma quest'ultima soluzione, cioè la scelta di un diffusore acustico basata sui valori delle caratteristiche tecniche dichiarate dalla casa produttrice, è completamente da scartare. A conferma di ciò, si consideri il caso di un sistema per la diffusione sonora, venduto al prezzo di 5.500.000 lire, il quale presenta, secondo le specifiche fornite dal costruttore, una risposta in frequenza da 25 Hz a 18.000 Hz compresa entro una fascia di ± 2 dB. Sono prestazioni queste di buon livello, ma il prezzo di tale sistema è esagerato se lo si confronta con quello di un altro sistema di diffusori, caratterizzato da una risposta in frequenza che va da 26 Hz a 25.000 Hz, venduto al prezzo di sole 120.000 lire, o con quello di un complesso che copre la banda compresa fra 27 Hz e 25.000 Hz, senza nessuna indicazione della precisione in decibel, venduto a 115.000 lire, oppure ancora con quello di un altro sistema, venduto al prezzo di 1.800.000 lire, il quale ha una risposta in frequenza che si estende da 13 Hz fino a 52.000 Hz! E' facile intuire che non è possibile che questi ultimi sistemi, di prezzo molto inferiore a quello del primo complesso citato, offrano prestazioni cosí elevate e la ragione della disparità di costo risiede nel fatto che di essi si è tralasciato di indicare il numero di decibel di tolleranza.

Misura e realismo - Poiché gli ascoltatori pretendono di avere indicazioni quantitative dei sistemi acquistati, i costruttori si fanno premura di fornire loro le migliori precisazioni. Ma le misure della risposta in frequenza hanno qualche cosa in comune con il modo in cui i sistemi per la diffusione sonora vengono adoperati dai loro proprietari? Per misurare la risposta in frequenza presentata da un diffusore sonoro viene inviato ad esso un segnale elettrico contenente tutte le frequenze udibili esattamente nella medesima quantità. Un microfono raccoglie l'uscita prodotta dal diffusore e genera un segnale elettrico ad essa corrispondente, il quale viene inviato agli strumenti per la misura. Se il diffusore riproduce i segnali con accuratezza, l'apparecchiatura di rilevamento mostrerà livelli tutti di ugual valore in corrispondenza di ogni frequenza che cade nella gamma udibile. Questo per lo meno è il principio secondo cui avviene la misura,

espresso nella sua forma piú semplice.

Anche senza possedere conoscenze tecniche molto profonde, chiunque può rendersi facilmente conto che i dati forniti dai costruttori sull'andamento della risposta in frequenza sono sempre abbastanza impressionanti. Sistemi per la diffusione sonora di prezzo ridotto presentano risposte in frequenza caratterizzate da livelli dei bassi e degli acuti di poco inferiori a quelli che caratterizzano la risposta in frequenza presentata da sistemi di prezzo piú elevato, e quindi sembrano essere di qualità pressoché perfetta. Se dati del genere, pubblicizzati dai costruttori, sono esatti, tutti i diffusori acustici dovrebbero produrre il medesimo suono. Perché invece ciò non si verifica?

Senza dubbio i tecnici apprendono moltissime cose sui diffusori sonori grazie alle misure che vengono condotte su essi durante la loro progettazione. Ma i dati tipici adoperati dai tecnici hanno uno scarsissimo significato per gli ascoltatori e non servono per stabilire come sarà il suono riprodotto da un certo diffusore. Alcune ragioni per cui ciò si verifica sono illustrate di seguito.

1 — Le misure della risposta in frequenza sono condotte generalmente per mezzo di un microfono, collocato direttamente davanti al diffusore in prova, alla distanza da questo di 1 m. Con un simile tipo di disposizione è possibile che anche uno spostamento piccolissimo del microfono produca una variazione della curva di risposta in frequenza che si rileva. Gli ascoltatori in genere si pongono molto piú lontani dal diffusore e, a causa della riproduzione stereofonica, in una posizione che forma un angolo compreso almeno fra quindici e venti gradi con l'asse del diffusore.

2 — Le misure vengono condotte su un solo diffusore, nonostante che questo venga adoperato in coppia. La disposizione degli altoparlanti e la forma delle casse acustiche può far sí che l'ascolto di due diffusori sia molto diverso rispetto all'ascolto di un solo diffusore.

3 — L'orecchio umano, a differenza del microfono adoperato per condurre le misure, non è onnidirezionale. Poiché le diverse frequenze che giungono nella posizione in cui si trova la testa dell'ascoltatore provengono da direzioni differenti, i diffusori sonori producono un suono diverso, ma il microfono non è in grado di rilevare tale situazione.

4 — Gli ascoltatori, possedendo due orecchi, sono in grado di analizzare il suono e di estrarre da questo informazioni che il microfono usato per condurre le misure non può captare: ad esempio la direzione dalla quale sembra provenire il suono, la distanza e le dimensioni apparenti della sorgente sonora, ecc.

5 — A volte la misura della risposta in frequenza viene condotta in ambienti di ascolto tipici, oppure in speciali sale riverberanti che diffondono la potenza sonora irradiata dal diffusore in tutte le direzioni. Tali misure effettuano una "omogeneizzazione" del suono diretto e del suono riverberante che raggiungono il microfono, per cui si perde una differenziazione che influisce materialmente sulla qualità dell'ascolto.

6 — Le misure che i tecnici conducono in una camera di prova tipica non consentono di ottenere indicazioni sugli effetti provocati dalle interazioni che si verificano fra un sistema di diffusione sonora e la stanza nella quale questo viene adoperato. Fra queste interferenze vi è quella che avviene fra il suono riflesso dalla parete situata dietro il diffusore ed il suono riflesso dalle pareti laterali, dal pavimento e dal soffitto e che produce effetti sulle dimensioni apparenti dell'immagine sonora.

L'elenco potrebbe continuare, ma è già sufficiente per mettere in evidenza il seguente particolare: i tecnici dedicano molto tempo e buona parte del loro lavoro per eseguire misure sui diffusori acustici, mentre gli ascoltatori sono maggiormente interessati al campo sonoro creato dai diffusori in condizioni di ascolto tipiche. Le misure della risposta in frequenza compiute dai costruttori possono essere abbastanza corrette senza, per tale motivo, risultare utili per stabilire quale tipo di suono verrà riprodotto da un diffusore acustico. Inoltre, è probabilmente impossibile descrivere in maniera oggettiva e scientifica come sarà il suono irradiato da un certo diffusore servendosi delle misurazioni (condotte sia per mezzo di un elaboratore sia manualmente) adoperate in genere dai costruttori di altoparlanti. In effetti, la maggior parte delle misure effettuate con un elaboratore non rivelano niente che un tecnico non sia in grado di dedurre servendosi di apparecchiature analogiche di tipo tradizionale.

Un "esperimento ideale" - Se le misure oggettive non sono in grado di indicare quale

sia il diffusore acustico piú vicino alla perfezione, possono le prove d'ascolto fornire tale indicazione? Prima di prendere in considerazione tale quesito, cerchiamo di definire il problema in maniera semplice e scientifica.

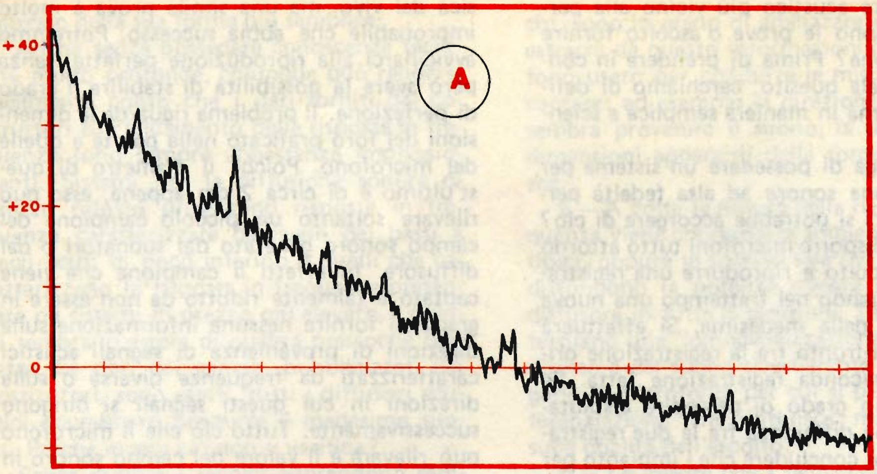
Si supponga di possedere un sistema per la riproduzione sonora ad alta fedeltà perfetto: come ci si potrebbe accorgere di ciò? Si potranno disporre microfoni tutto attorno alla sala d'ascolto e riprodurre una registrazione, effettuando nel frattempo una nuova registrazione della medesima. Si effettuerà quindi un confronto fra la registrazione originale e la seconda registrazione fatta. Se non si sarà in grado di percepire assolutamente nessuna differenza fra le due registrazioni, si dovrà concludere che l'impianto per la riproduzione sonora ad alta fedeltà usato per questa esperienza è perfetto. Rimane però ancora un problema da risolvere: dove ci si può procurare la registrazione con cui condurre la prova?

Proviamo a sovvertire leggermente le regole per vedere se siamo in grado di avvicinarci quanto piú possibile ad una risposta pratica, per lo meno nel nostro laboratorio immaginario. Supponiamo che una parete perfettamente a prova di suono venga innalzata al centro di una grande sala e che in essa sia praticato un foro delle dimensioni di un altoparlante. Sistemiamo poi un gruppo di musicisti da un lato della parete ed un ascoltatore dall'altro lato; quando i primi suonano, il suono ad alta fedeltà piú puro possibile passa attraverso il foro e giunge alle orecchie dell'ascoltatore. Per ottenere una diffusione stereofonica possono essere praticati due fori. Successivamente collochiamo un sistema di diffusori acustici entro il foro, in maniera da ostruire quest'ultimo, e colleghiamo un microfono, preventivamente rivolto verso i musicisti, ad un amplificatore, che pilota a sua volta il diffusore, rivolto verso l'ascoltatore. La riproduzione può essere considerata perfetta quando l'ascoltatore non rileva alcuna differenza fra la prima e la seconda situazione.

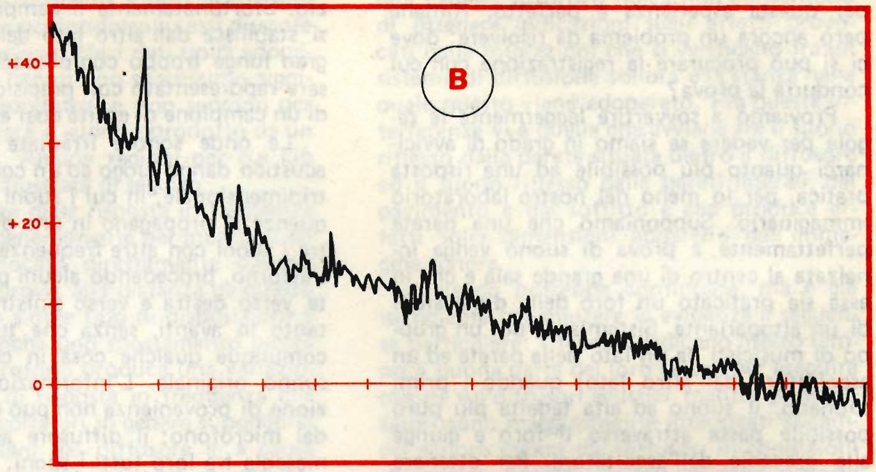
Supponiamo ancora di sostituire i suonatori con una registrazione effettuata quando era installato il microfono e di riprodurre tale registrazione per mezzo di un diffusore del medesimo tipo di quello inserito nella parete. A questo punto l'ascoltatore deve stabilire se la musica proveniente dal diffusore è musica registrata da esso oppure è musica dal vivo, ma una simile prova è molto improbabile che abbia successo. Potremmo avvicinarci alla riproduzione perfetta, senza però avere la possibilità di stabilire il grado di perfezione. Il problema riguarda le dimensioni del foro praticato nella parete e quelle del microfono. Poiché il diametro di quest'ultimo è di circa 2 cm appena, esso può rilevare soltanto un piccolo campione del campo sonoro generato dai suonatori o dal diffusore. In effetti il campione che viene captato è talmente ridotto da non essere in grado di fornire nessuna informazione sulle direzioni di provenienza di segnali acustici caratterizzati da frequenze diverse o sulle direzioni in cui questi segnali si dirigono successivamente. Tutto ciò che il microfono può rilevare è il valore del campo sonoro in corrispondenza di un certo punto dello spazio. Sfortunatamente il campo acustico che si stabilisce dall'altro lato della parete è di gran lunga troppo complicato per poter essere rappresentato con precisione per mezzo di un campione di entità cosí esigua.

Le onde sonore irradiate dal diffusore acustico danno luogo ad un completo campo tridimensionale, in cui i suoni con certe frequenze si propagano in una direzione, mentre i suoni con altre frequenze viaggiano tutt'attorno, procedendo alcuni prevalentemente verso destra e verso sinistra ed altri soltanto in avanti, senza che tutto ciò abbia comunque qualche cosa in comune con il suono originale. L'informazione sulla direzione di provenienza non può essere raccolta dal microfono; il diffusore acustico infatti mescola fra loro tutti i suoni. A meno che il campo sonoro generato dal diffusore non sia esattamente uguale a quello prodotto dalla sorgente, non saremo mai in grado di portare a termine il nostro esperimento con successo.

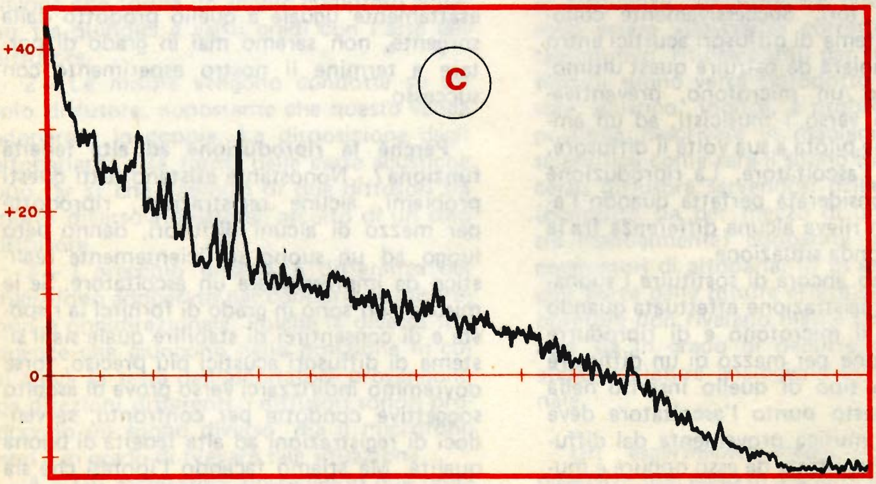
Perché la riproduzione ad alta fedeltà funziona? - Nonostante esistano tutti questi problemi, alcune registrazioni, riprodotte per mezzo di alcuni diffusori, danno però luogo ad un suono sufficientemente realistico da impressionare un ascoltatore. Se le misure non sono in grado di fornirci la risposta e di consentirci di stabilire quale sia il sistema di diffusori acustici piú preciso, forse dovremmo indirizzarci verso prove di ascolto soggettive condotte per confronto, servendoci di registrazioni ad alta fedeltà di buona qualità. Ma stiamo facendo l'ipotesi che sia



A
+40
+20
0



B
+40
+20
0



C
+40
+20
0

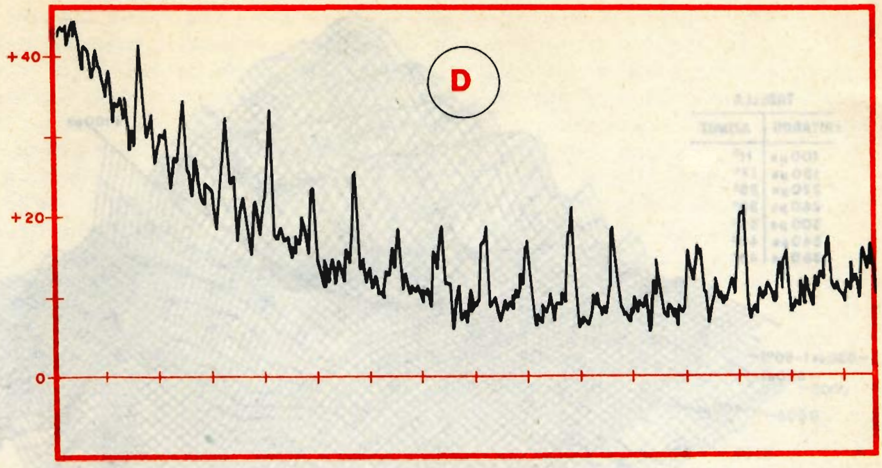


Fig. 1 - Analisi, condotta con un elaboratore, dell'accordo finale dell'orchestra in quattro registrazioni fonografiche commerciali della "Saga della primavera" di Stravinsky. La scala orizzontale va dalla continua fino a 15.625 Hz con suddivisioni di 1.000 Hz; quella verticale è graduata in decibel. Ogni curva mostra il valore dell'energia totale in funzione della frequenza per l'intera durata dell'ultima battuta della partitura e del tempo di riverberazione dello studio o della sala da concerto, pari a circa 3,5 s in totale. La curva A) ha un andamento dolce e rivela una piccolissima manipolazione. La curva B) ha un andamento dolce e mostra una manipolazione effettuata alle alte frequenze con l'intento di alzarne il livello. Il livello relativo a 10.000 Hz è approssimativamente 10 dB più elevato del livello che si osserva in A). La curva si spezza apparentemente a circa 5.500 Hz. La curva C) ha una forma strana, sembra il risultato di un'esaltazione considerevole effettuata alle frequenze elevate, comprese fra 5.000 Hz e 12.000 Hz. La ripida discesa che si nota alle basse frequenze è dovuta ad una certa esaltazione dei bassi. La curva D) mostra la presenza di armoniche di forte entità, dovute agli ottoni, spaziate ad intervalli molto regolari, ed un'enfasi impartita alle alte frequenze sorprendentemente elevata rispetto ad altre registrazioni. Il confronto con altre curve alle basse frequenze rivela la presenza di un'esaltazione a circa 15.000 Hz, dell'entità di circa 20 dB.

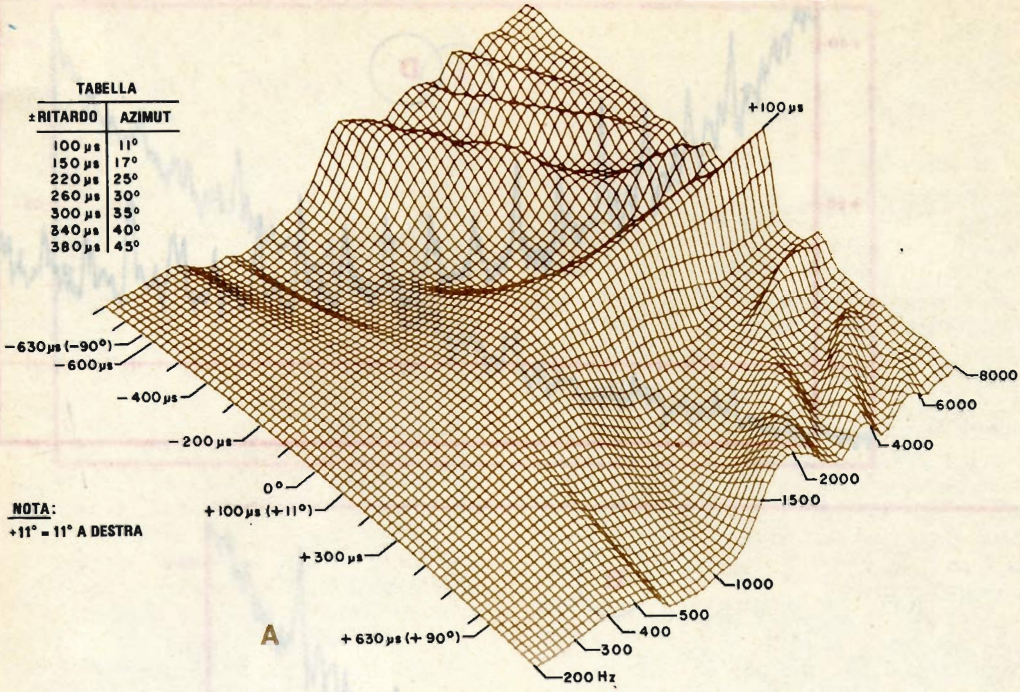
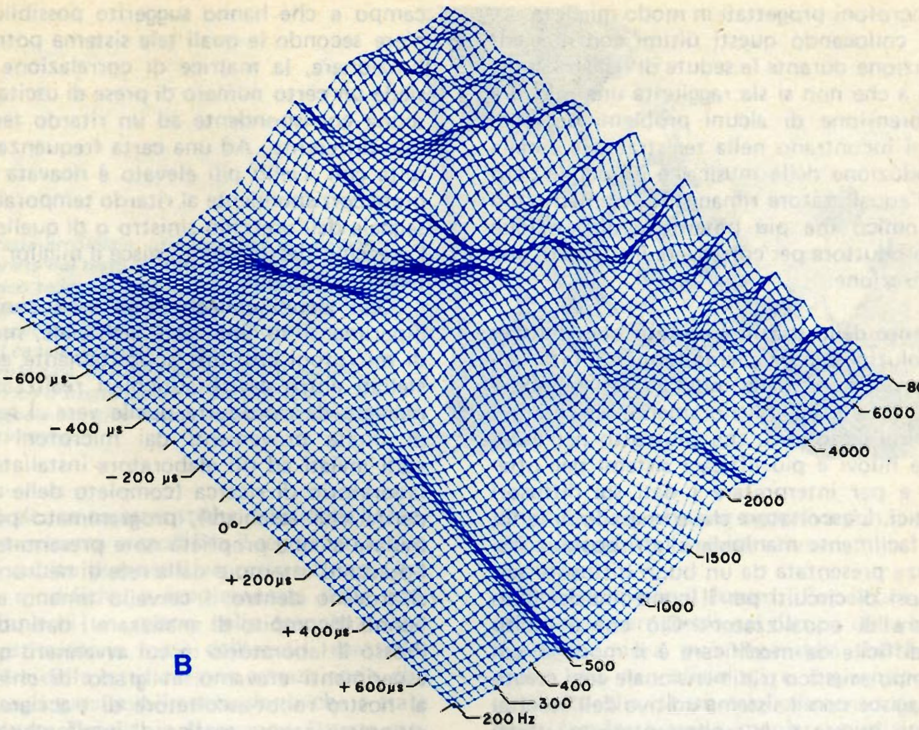


Fig. 2 - Esempi del tipo di grafici ottenuti con il sistema per l'ascolto automatico. I disegni generati automaticamente dall'elaboratore mostrano quanto i segnali provenienti dai due orecchi siano simili tra loro al variare del ritardo temporale. Un ritardo pari a zero corrisponde alla sorgente posta direttamente di fronte all'ascoltatore; uno scostamento di 90° a destra o a sinistra dà luogo a un picco a ± 630 µs. Il sistema di diffusione A) incorpora altoparlanti allineati verticalmente sul pannello frontale; il sistema B) utilizza altoparlanti disposti sui tre lati della cassa acustica. Analogamente al sistema uditivo dell'uomo il disegno A) mostra

possibile eseguire registrazioni altrettanto precise quanto abbiamo ipotizzato inizialmente sia possibile misurare con esattezza le caratteristiche presentate dai diffusori acustici. Una registrazione può essere considerata una misura delle prestazioni. Ma coloro che effettuano le registrazioni che vengono poste in commercio come fanno a sapere quando l'incisione è precisa oppure imprecisa? E' semplice: essi effettuano un ascolto del nastro originale attraverso dei diffusori acustici e modificano la risposta in frequenza della registrazione fino a che non ritengono che questa venga riprodotta nella maniera giusta.

Durante la riproduzione di un disco, senza possedere nessuna informazione sul disco medesimo, non è possibile in nessun modo sapere come dovrebbe essere il suono diffuso dal sistema acustico. Il genere di informazione che si vorrebbe avere è ben difficile che possa trovarsi stampato sulla copertina dell'album; tuttavia, con un po' di esperienza e di abilità, si può ricorrere ad un elaboratore per analizzare il contenuto in frequenza di registrazioni differenti ed effettuare un



la presenza di una scarsissima informazione direzionale, cioè nessun picco singolo predominante alle basse frequenze. Al di sopra dei 300 Hz la localizzazione migliora e diventa successivamente poco chiara a circa 1.500 Hz, a causa della presenza di picchi in "competizione" fra loro ai lati. Alle frequenze piú elevate il picco centrale predomina nuovamente e consente di localizzare il sistema di diffusori a 11° sulla destra "dell'ascoltatore robot". Il sistema di diffusori B) mostra la presenza di scostamenti nella localizzazione alle frequenze piú basse e una localizzazione diffusa alle frequenze piú elevate. L'effetto assomiglia a quello prodotto entro una sala da forti riflessioni.

paragone fra ognuna di esse e ciascuna delle altre, oppure confrontarle con uno standard assoluto. I risultati, mostrati nella *fig. 1*, non sono tali da incoraggiare i perfezionisti, ma servono tuttavia per indicare il pericolo che sussiste quando si ritiene che il proprio "disco di prova" preferito rappresenti un indice affidabile delle prestazioni offerte oggettivamente dai diffusori acustici.

La misura del suono generato da strumenti musicali non è piú semplice da effettuare della misura del suono proveniente da un diffusore acustico. Un cosí grande numero di fattori, oltre all'uniformità della risposta in frequenza, contribuisce ad influenzare il giudizio che può venire emesso da un ascoltatore sul realismo presentato dai risultati, per cui il produttore dello studio di registrazione, anche servendosi degli apparecchi piú sofisticati e costosi, deve affidarsi alla manipolazione per ottenere un risultato che possa essere ritenuto accettabile. Tuttavia, gran parte delle manipolazioni praticate sulle incisioni fonografiche sono senza dubbio inaccettabili per molti seri ascoltatori di musica. Forse sarebbe possibile fare di piú servendosi

di microfoni progettati in modo migliore oppure collocando questi ultimi con maggior attenzione durante le sedute di registrazione. Fino a che non si sia raggiunta una migliore comprensione di alcuni problemi oggettivi che si incontrano nella registrazione e nella riproduzione della musica, è probabile però che l'equalizzatore rimanga lo strumento piú economico ma piú potente a disposizione del produttore per correggere il suono di una registrazione.

Senso dello spazio e correlazione mutua - La soluzione al problema rappresentato dalla riproduzione della musica probabilmente non consiste nel miglioramento dei metodi di misura esistenti, ma piuttosto nell'escogitare nuovi e piú efficaci sistemi per ottenere e per interpretare i dati sui diffusori acustici. L'ascoltatore che è in grado di farlo, può facilmente manipolare la risposta in frequenza presentata da un buon diffusore servendosi di circuiti per il controllo del tono oppure di equalizzatori. Ciò che è molto piú difficile da modificare è il modo in cui il campo acustico tridimensionale cosí creato interagisce con il sistema uditivo dell'ascoltatore, e questa può rappresentare in effetti quella proprietà invariabile che conferisce ad ogni sistema per la diffusione sonora la sua identità acustica. E' necessario conoscere in modo piú approfondito le proprietà del campo sonoro, generato da un diffusore acustico, che vengono utilizzate dal cervello dell'ascoltatore per dedurre qualche informazione sulle dimensioni, la forma, la distanza e la direzione dalla quale proviene il suono riprodotto.

Il sistema uditivo dell'uomo individua la direzione di una sorgente in diverse maniere. Una di queste si basa sulla stima dell'intervallo temporale che intercorre fra l'arrivo del suono ad un orecchio e l'arrivo dello stesso suono all'altro orecchio. Nessuno conosce con precisione come ciò sia valutato all'interno del cervello, ma un'ipotesi che incontra ampio credito è che il procedimento si serva di un qualche meccanismo conosciuto con il nome di "matrice di correlazione" (si tratterebbe di una ragnatela di nervi interconnessi in modo tale da tenere continuamente sotto osservazione l'energia in arrivo a ciascuna frequenza per riscontrare variazioni del livello di uguale entità). Secondo quanto è stato proposto da due ricercatori insigni, che hanno effettuato studi in questo campo e che hanno suggerito possibili maniere secondo le quali tale sistema potrebbe funzionare, la matrice di correlazione possiede un certo numero di prese di uscita, ciascuna corrispondente ad un ritardo temporale differente. Ad una certa frequenza, l'uscita con livello piú elevato è ricavata dalla presa corrispondente al ritardo temporale del segnale dell'orecchio sinistro o di quello dell'orecchio destro chè fornisce il miglior adattamento fra i due.

Con alcuni colleghi sono stati condotti esperimenti su una testa artificiale, munita di microfoni costruiti appositamente ed installati entro cavità auricolari realizzate in maniera da riprodurre quelle vere. I segnali di uscita provenienti dai microfoni sono stati inviati ad un elaboratore installato nel laboratorio di ricerca (completo delle unità periferiche associate), programmato per simulare alcune proprietà note presentate dall'orecchio interno e dalla rete di neuroni che si trovano dentro il cervello umano e che hanno il compito di analizzare i dati uditivi. Presso il laboratorio in cui avvennero questi esperimenti eravamo in grado di chiedere al nostro robot-ascoltatore di tracciare una rappresentazione grafica di quello che stava ascoltando. Nella *fig. 2* è mostrata una delle illustrazioni ottenute in questo modo; il grafico rappresenta la correlazione mutua esistente fra i segnali ricevuti dai due "orecchi" in funzione della frequenza, dopo che ciascun segnale è stato elaborato in modo da ricavare informazioni circa la risposta della membrana basilare, che fa parte dell'orecchio interno. Un osservatore esercitato è in grado di accorgersi che le varie caratteristiche del meccanismo uditivo proprio dell'uomo sono effettivamente presenti nella simulazione condotta servendosi dell'elaboratore. Il confronto fra i dati forniti dal modello e quelli ottenuti nel corso di esperimenti effettuati con veri ascoltatori fornisce la conferma che i sensori biologici e le reti per l'elaborazione dei segnali di cui l'uomo è dotato si avvicinano con buona precisione all'efficienza ideale che ci si può attendere da un simile sistema. La sensibilità è sorprendente: in alcuni esperimenti l'orecchio umano si è rivelato in grado di trovare l'azimut di una sorgente sonora con una precisione migliore di un grado.

Elaborazione non lineare nell'udito - Nonostante l'elevatissima sensibilità che presen-



La testa artificiale, utilizzata per le esperienze descritte nel testo, è stata costruita da un tecnico tedesco di microfoni professionali a condensatore. Le unità sono realizzate con speciali camere di accoppiamento fra il canale auricolare e la capsula microfonica, in modo da rendere il segnale elettrico d'uscita uguale il piú possibile al segnale acustico presente in corrispondenza del timpano.

ta ad alcune caratteristiche del suono, l'orecchio trasforma e modifica il segnale in arrivo quasi subito durante il processo uditivo. Una delle modifiche è rappresentata dalla suddivisione di un suono nelle frequenze che lo costituiscono, cioè dall'analisi spettrale; un'altra dalla rettificazione a mezz'onda, che ha luogo presumibilmente dopo che è stata effettuata l'analisi in frequenza. Queste modifiche sono tali da comportare una piccola perdita effettiva di informazione concernente un suono, ma aumentano la possibilità di effettuarne la localizzazione con un certo successo. La trasmissione delle informazioni nel sistema nervoso centrale in cui avviene l'elaborazione sembra essere organizzata secondo uno schema statistico, piuttosto che discreto e quantitativamente preciso come avviene in un elaboratore.

L'importanza di questi effetti non lineari sulla riproduzione musicale è nota a pochi; tuttavia, dovrebbe essere chiara a chiunque abbia avuto modo di ascoltare un sistema ad "effetto ambiente" od a "ritardo temporale". Pur senza essere in grado di aggiungere nessuna vera informazione, tali sistemi, servendosi talvolta semplicemente di una ripetizione ritardata del suono originale attraverso altoparlanti ausiliari, aumentano in maniera considerevole l'impressione soggettiva di realismo. Alcuni ascoltatori hanno osservato che un sistema mediocre, dotato di "ritardo temporale", può risultare maggiormente gradito di un sistema di elevata qualità, privo di tale accessorio, a dispetto del fatto che il suono addizionale può solamente diminuire la precisione oggettiva con la quale viene riprodotta la registrazione.

Previsioni per il futuro - Per alcuni anni, almeno, un progresso nel campo della riproduzione sonora può dipendere dal lavoro svolto dai neurofisiologi e dagli psicologi, piuttosto che da un miglioramento dei circuiti condotto nella maniera tradizionale. Può darsi che i risultati giustifichino l'applicazione al campo di nostro interesse delle conoscenze acquisite da questi studiosi con tanta fatica, consentendo a chiunque di trarre un grande piacere dall'ascolto della musica. La ricerca tendente ad una migliore comprensione rappresenta anche una delle applicazioni piú eccitanti e potenzialmente ricche di soddisfazione degli elaboratori e della simulazione numerica al campo audio. Applicando le tecniche provenienti dagli studi compiuti sull'intelligenza artificiale, cioè sul rilevamento delle caratteristiche e sul riconoscimento delle forme, potremo essere in grado fra non molto di effettuare misure oggettive dei campi spaziali generati da un diffusore in termini di percezione dell'ascoltatore. Quando saremo in grado di misurare tali grandezze qualitative in maniera oggettiva, potremo cominciare a progettare sistemi per la diffusione acustica nei quali tali variabili saranno tenute sotto controllo. Ciò, a sua volta, permetterà di controllare le impressioni soggettive dell'ascoltatore, che rappresentano, come già detto fin dall'inizio, il principio fondamentale per valutare una riproduzione musicale ad alta fedeltà.

Robert Berkovitz

SISTEMA PILOTA A TRE VIE PER ALTOPARLANTI

filtro di incrocio attivo che divide lo spettro audio per i singoli altoparlanti prima dell'amplificazione di potenza

Nei sistemi d'altoparlanti a molte vie tradizionali la divisione del segnale pilota in gamme di frequenze adatte per parecchi altoparlanti viene effettuata dopo l'amplificazione di potenza. Il filtro di incrocio o rete di divisione è composto da un gruppo di componenti passivi (induttori, condensatori e resistori), interposti tra i terminali d'uscita dell'amplificatore di potenza e i terminali d'entrata dei singoli altoparlanti.

Dal punto di vista economico, questo sistema è vantaggioso ma non privo di difficoltà; una di queste consiste nel fatto che la rete di divisione deve sopportare una potenza apprezzabile, il che significa che i componenti passivi (gli induttori sono i piú problematici) devono comportarsi in modo lineare ad alti livelli di corrente, per non generare prodotti di distorsione. Un miglioramento del progetto comporta un aumento del costo dei componenti passivi, annullando in parte il vantaggio economico.

Un altro svantaggio di particolare importanza per l'autocostruttore è che una rete di alto livello, in grado di funzionare bene con gli altoparlanti ai quali viene aggiunta, può essere molto difficile da progettare. La ragione di ciò risiede nel fatto che le tabelle e le formule per il progetto del filtro sono in gran parte basate sul presupposto che la rete terminerà con un carico puramente resistivo, mentre le impedenze degli altoparlanti contengono generalmente componenti reattive dipendenti dalla frequenza.

Naturalmente sarebbe vantaggioso eliminare questo problema, rendendo multiplo il sistema e sfruttando il fatto che gli amplificatori di potenza si comportano come se-

paratori tra i filtri e gli altoparlanti. Con parecchi amplificatori di potenza che si ripartiscono il carico, il lavoro richiesto a ciascuno di essi sarebbe meno gravoso che non quando esso deve essere svolto da una sola unità. Ad esempio, poiché le frequenze basse non possono intermodulare con le frequenze alte nei forti passaggi, viene ridotta al minimo una forma di distorsione particolarmente udibile. Inoltre, l'amplificatore di potenza dei bassi può avere una velocità di funzionamento relativamente ridotta senza causare problemi, in quanto non "vedrà" segnali che cambiano rapidamente. D'altra parte, un amplificatore per gli alti può avere un basso fattore di smorzamento, con minore controreazione e minori problemi.

I filtri - Nella *fig. 1* è riportato lo schema del filtro attivo per un canale. Anche se altri tipi di filtri possono dare buoni risultati in questa applicazione, i filtri attivi Butterworth da 18 dB per ottava, usati per il nostro progetto, offrono una desiderabile combinazione di pendenze ripide e di buon responso di fase. Attenuando rapidamente gli altoparlanti, si concorre a sopprimere qualsiasi comportamento anomalo che essi possono presentare quando si avvicinano agli estremi delle loro gamme utili. Si evita spesso di inserire tra gli altoparlanti e l'amplificatore di potenza una rete a responso ripido come questa, a causa della spesa che ciò comporta, ma in un progetto del genere essa è quella di minore entità.

Gli elementi centrali dei filtri sono gli amplificatori operazionali quadrupli IC1 e IC2. I circuiti integrati IC1A, IC1B, IC1D, nonché IC1C, IC2A, IC2B e i componenti a loro relativi compongono due filtri attivi con pendenze finali di 12 dB per ottava. Il primo filtro separa le frequenze alte dalle frequenze basse e medie, mentre il secondo divide le frequenze basse e medie. Le frequenze alte, medie e basse che appaiono rispettivamente alle uscite di IC1B, IC2A e IC2B vengono immesse nei filtri passivi passa-alto (C16, R26, R35) e passa-basso (C7, R15) e nel filtro attivo passa-banda (C8, R16, C9, R17 e IC2D).

Questi ultimi circuiti sono filtri di primo ordine con pendenze finali di 6 dB per ottava. Poiché i filtri di secondo e di primo ordine sono posti in serie, la pendenza finale risultante è di 18 dB per ottava.

I valori di capacità e resistenza che determinano le frequenze di incrocio basse ed alte hanno le seguenti relazioni:

$C_{alte} = C3 = C4 = C16/10$

$C_{basse} = C5 = C6 = C7$

$R_{alte} = R5 = R7 = 10 \left(\frac{R26 \times R35}{R26 + R35}\right)$

$R_{basse} = R11 = R14 = R15.$

I valori delle R_{alte} e delle R_{basse} in chiloohm e delle C_{alte} e delle C_{basse} in picofarad sono determinati dalle equazioni: $R = 10^9/2\pi fC$ e $C = 10^9/2\pi fR$. Si scelga un valore di capacità opportuno, come ad esempio 100.000 pF, per un incrocio basso e quello di 10.000 pF per un incrocio alto, quindi si calcolino i valori necessari dei resistori. Un valore negativo per R26 significa che R35 è troppo basso per consentire a quest'ultimo e a R26 in parallelo di ottenere la resistenza desiderata. In tal caso si ripeta il calcolo, adottando un valore piú alto per C.

Gli amplificatori operazionali specificati sono sufficientemente veloci per dare buone prestazioni; tuttavia, coloro che badano alla distorsione per intermodulazione ai transienti (TIM) possono usare al loro posto IC con la stessa disposizione dei piedini, come il tipo TL074CN, il quale ha un piú alto limite di velocità di funzionamento.

Per usare il progetto con sistemi a due vie, si rendano uguali le f_{alte} e le f_{basse}. L'uscita del filtro passa-banda deve essere lasciata libera, in quanto non c'è un altoparlante per le frequenze medie.

Gli amplificatori di potenza - La scelta degli amplificatori di potenza per un sistema triplo dipende dal rendimento e dalla potenza sopportabile degli altoparlanti, dalle frequenze di incrocio e dall'intensità del volume a cui si vuole sentire la musica. Generalmente si usano i migliori tipi di amplificatori ma, come già detto, fattori che influenzino le prestazioni alle frequenze alte dell'amplificatore dei bassi non sono importanti. Parimenti, il fattore di smorzamento, l'accoppiamento in continua e altri parametri o caratteristiche relativi alle prestazioni alle frequenze basse non sono critici negli amplificatori per le frequenze alte e medie.

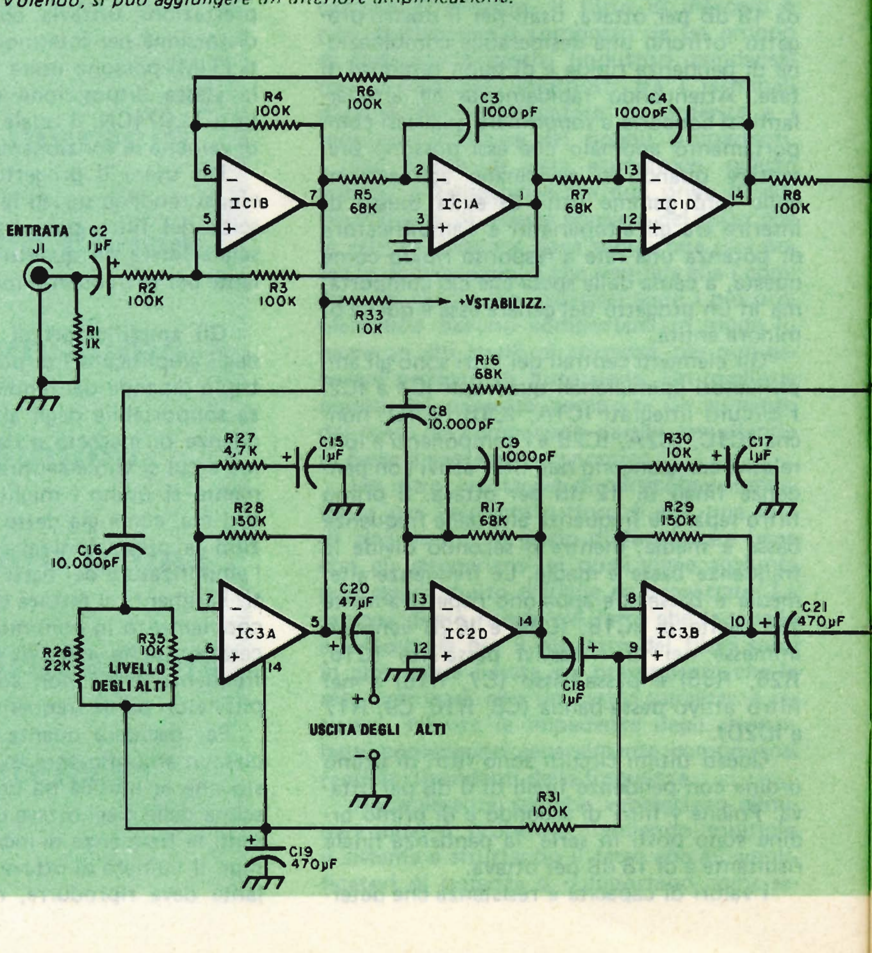
Per decidere quanta potenza deve avere ciascun amplificatore, si parta dal presupposto che la musica ha uguale potenza in ciascuna delle dieci ottave udibili. Tenendo presenti le frequenze di incrocio scelte, si determini il numero di ottave che ciascun altoparlante deve riprodurre, ricorrendo alla rela-

zione: $N = \log_{10}(f_2/f_1)/\log_{10} 2$, nella quale f_1 e f_2 sono rispettivamente i limiti basso e alto della banda passante assegnata a ciascun altoparlante (questo calcolo sembra difficile ma può essere effettuato facilmente dalla maggior parte dei calcolatori scientifici). Un altoparlante che riproduca cinque ottave assorbirà il 50% della potenza del sistema; uno che riproduca tre ottave ne assorbirà il 30%, ecc.

Se non si dispone di un calcolatore adatto, si tracci un grafico segnando i segni di demarcazione delle ottave a 20 Hz, 40 Hz, 80 Hz, 160 Hz, ecc. e si annoti quali sono le bande che contengono le frequenze di incrocio scelte; in tal modo ci si può fare un'idea approssimata del numero di ottave che vengono riprodotte da ciascun altoparlante. Ovviamente, questo metodo non è esatto; in ogni caso, è comunque improbabile che si possano trovare amplificatori di potenza aventi esattamente la potenza che occorre.

Un costruttore a cui basti una potenza modesta a livelli di distorsione adeguati, ma non rispondenti agli ultimi ritrovati della tecnica, può costruire gli amplificatori di potenza compresi nella *fig. 1*. Essi si realizzano mediante due amplificatori di potenza integrati da 6 W National LM379S, che ri-

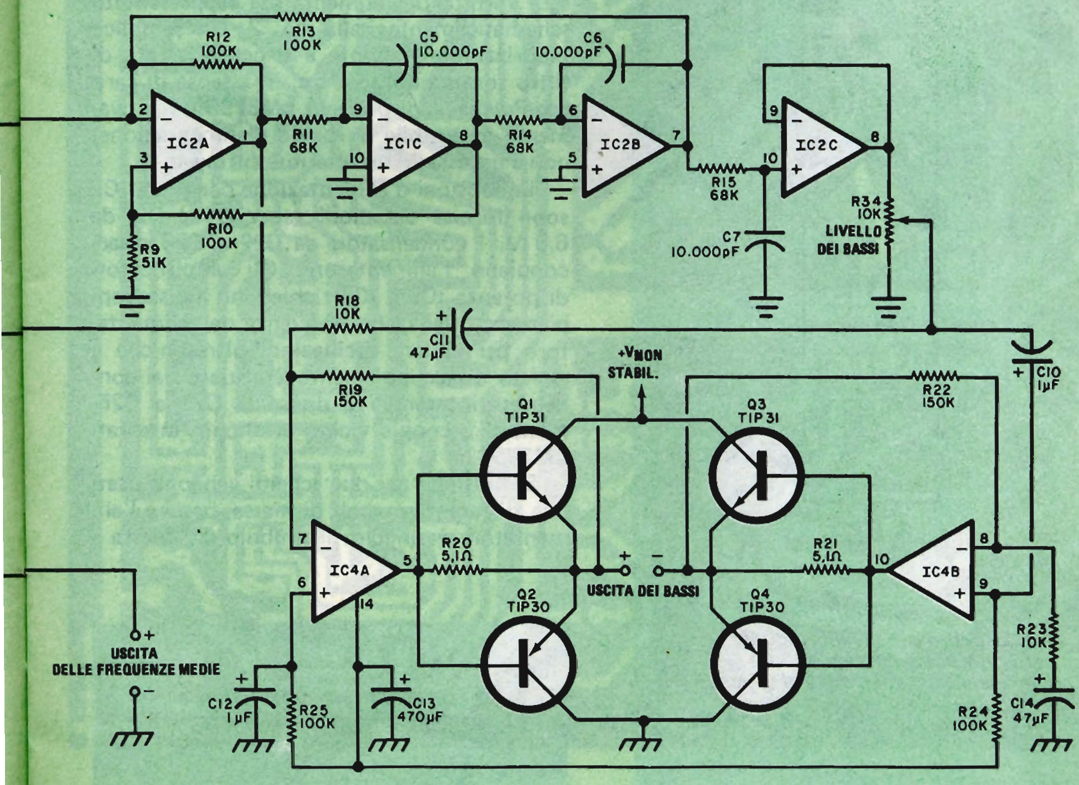
Fig. 1 - Schema del filtro di incrocio attivo per un canale. Volendo, si può aggiungere un'ulteriore amplificazione.



MATERIALE OCCORRENTE

C1 = condensatore elettrolitico da 13.000 µF 50 V
C2-C10-C12-C15-C17-C18 = condensatori elettrolitici con terminali radiali da 1 µF - 50 V
C3-C4-C9 = condensatori al polistirolo da 1.000 pF - 5%
C5-C6-C7-C8-C16 = condensatori al polistirolo da 10.000 pF - 5%
C11-C14-C20 = condensatori elettrolitici con terminali radiali da 47 µF - 50 V
C13-C19-C21 = condensatori elettrolitici con terminali radiali da 470 µF - 25 V
C22 ÷ C28 = condensatori ceramici a disco da 0,1 µF
D1-D2 = diodi zener da 6,8 V - 1 W
F1 = fusibile a fusione rapida da 1 A
IC1-IC2 = LM324N, TL074CN o amplificatori operazionali quadrupli simili
IC3-IC4 = amplificatori audio doppi da 6 W LM379S
J1 = jack fono
Q1-Q3 = transistori n-p-n di potenza TIP31
Q2-Q4 = transistori p-n-p di potenza TIP30
R1-R32 = resistori a strato da 1 kΩ - 1/4 W, 5%
R2-R3-R4-R6-R8-R10-R12-R13-R24-R25-R31 = = resistori a strato da 100 kΩ - 1/4 W, 5%
R5-R7-R11-R14-R15-R16-R17 = resistori a strato da 68 kΩ - 1/4 W, 5%
R9 = resistore a strato da 51 kΩ - 1/4 W, 5%
R18-R23-R30-R33 = resistori a strato da 10 kΩ - 1/4 W, 5%
R19-R22-R28-R29 = resistori a strato da 150 kΩ - 1/4 W, 5%
R20-R21 = resistori a strato da 5,1 Ω - 1/2 W
R26 = resistore a strato da 22 kΩ - 1/4 W, 5%
R27 = resistore a strato da 4,7 kΩ - 1/4 W, 5%
R34-R35 = potenziometri lineari per circuiti stampati da 10 kΩ
RECT1 = raddrizzatore a ponte modulare da 6 A - 100 V
S1 = interruttore semplice a levetta
T1 = trasformatore da 24 V - 2 A
Circuito stampato, dissipatori di calore, cordone di rete e fermacordone, portafusibile, distanziatori per il montaggio del circuito stampato, filo per collegamenti, cavo schermato, minuterie di montaggio e varie.

Per l'acquisto dei materiali rivolgersi alla ditta SVETI-MAR - via L. Bellardi 126 10146 Torino



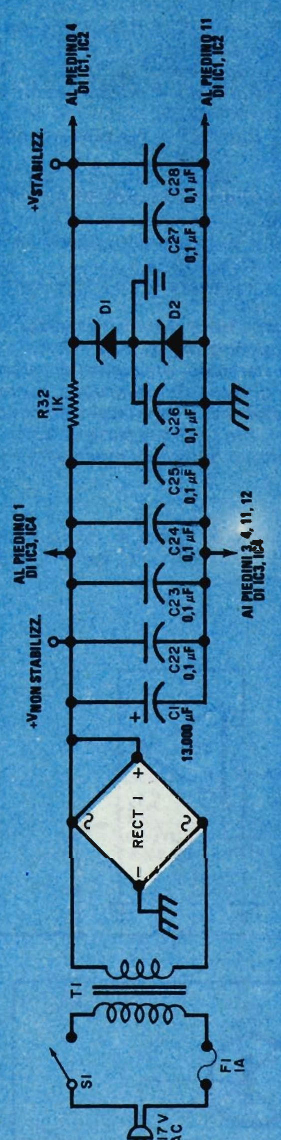


Fig. 2 - Schema di un alimentatore per i filtri e gli amplificatori. I condensatori provvedono al filtraggio e i diodi zener alla stabilizzazione per varie tensioni.

chiedono pochi componenti addizionali ed hanno una protezione termica incorporata. I circuiti integrati IC3A e IC3B sono gli amplificatori per le frequenze alte e medie; sono collegati come normali amplificatori operazionali non invertitori e le loro uscite sono capacitivamente accoppiate agli altoparlanti attraverso C20 e C21.

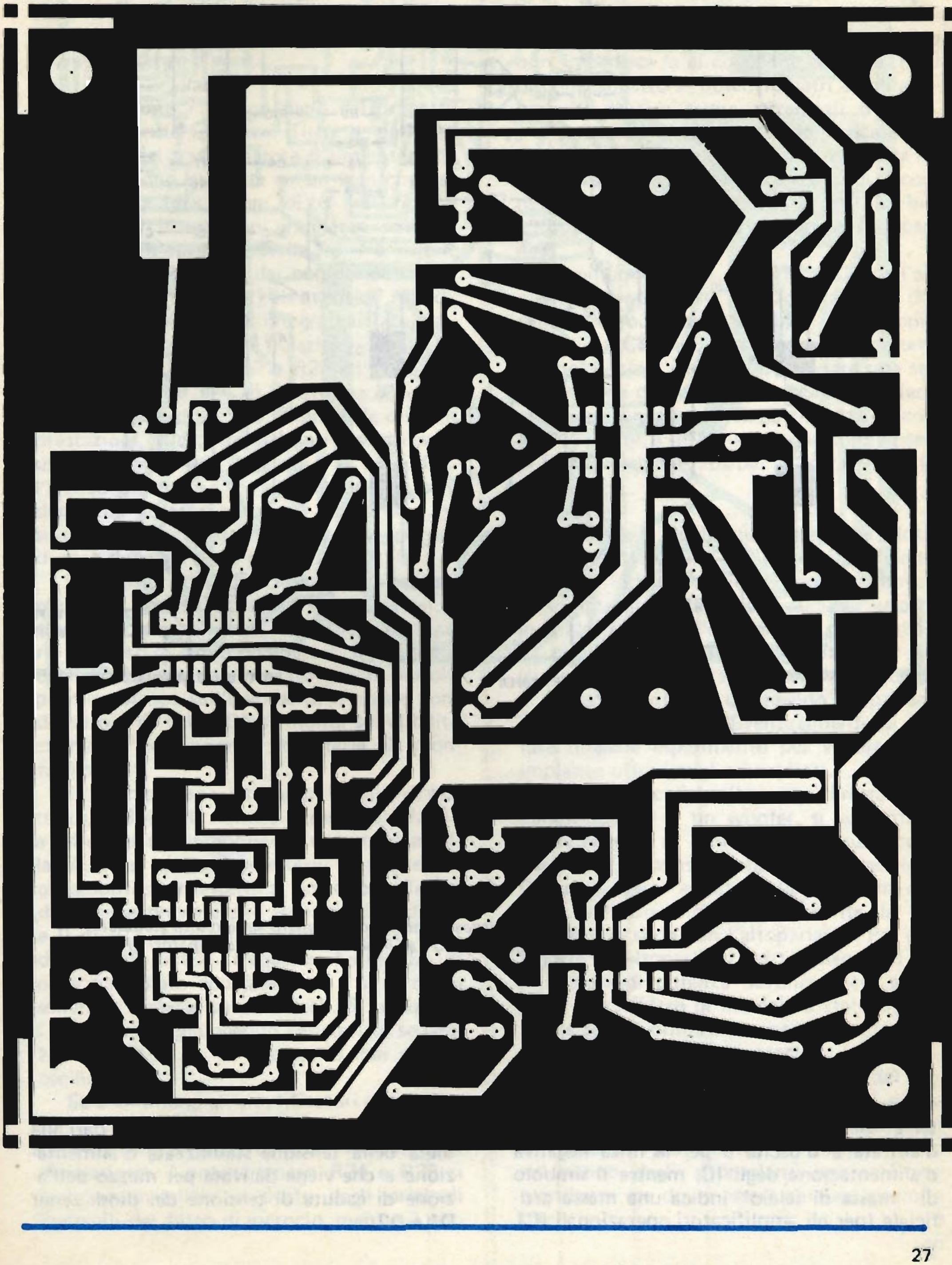
Per soddisfare i requisiti di potenza piú alta del canale per le frequenze basse, IC4 è collegato come amplificatore bilanciato con i transistori amplificatori Q1, Q2, Q3 e Q4. Gli amplificatori operazionali sono collegati come amplificatori invertitore e non invertitore, pilotando differenzialmente l'altoparlante dei bassi. Ciò raddoppia la massima tensione ai capi dell'altoparlante, quadruplicandone la potenza. I transistori amplificatori sopportano la corrente d'uscita raddoppiata. Tutti e tre gli amplificatori sono stati progettati per altoparlanti da 8 Ω.

L'alimentatore - L'alimentazione per i filtri e per gli amplificatori di potenza può essere fornita dall'alimentatore rappresentato schematicamente nella *fig. 2*. Un semplice raddrizzatore a ponte e il condensatore di filtro forniscono 35 Vc.c. in assensa di carico. Poiché il dispositivo LM379S è relativamente insensibile al ronzio d'alimentazione, non è necessario un ulteriore filtraggio.

Le tensioni d'alimentazione per IC1 e IC2 sono fornite dai diodi zener D1 e D2 da 6,8 V. I condensatori da C22 a C28 disaccoppiano l'alimentatore. Gli amplificatori di potenza IC3 e IC4 richiedono il disaccoppiamento delle alte frequenze dell'alimentatore per evitare oscillazioni ultrasoniche e questo disaccoppiamento è attuato dai condensatori ceramici a disco da C22 a C25, montati a coppie vicino ai circuiti integrati LM379S.

Si noti che nei due schemi vengono usati due differenti simboli di massa, perché l'alimentatore è singolo; il simbolo di "massa a

Fig. 3 - Disegno in grandezza naturale e piano di foratura del circuito stampato.



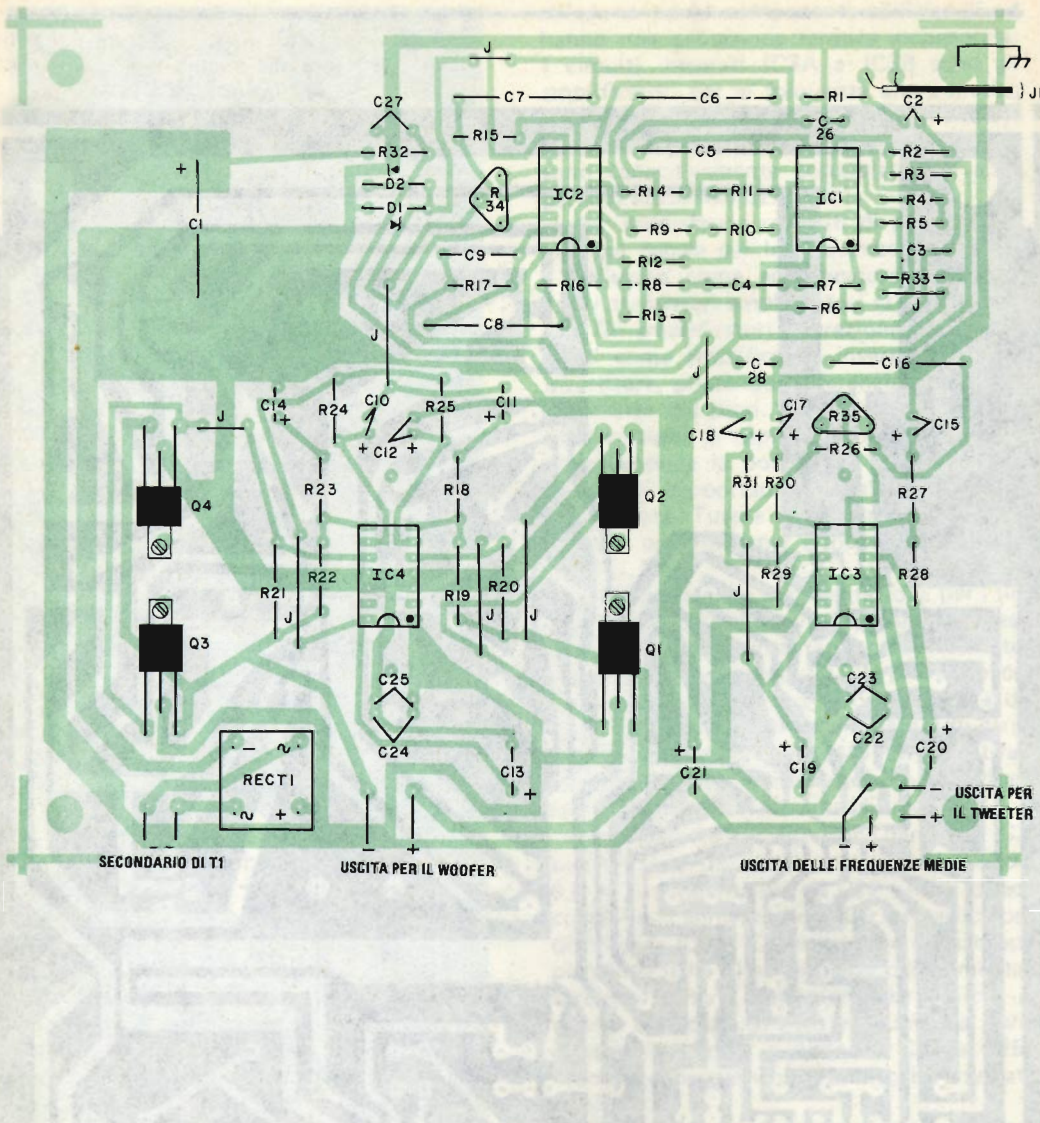


Fig. 4 - Disposizione dei componenti sul circuito stampato. I transistori da Q1 a Q4 sono montati su dissipatori di calore.

terra" viene impiegato come massa di segnale d'entrata e d'uscita e per la linea negativa d'alimentazione degli IC, mentre il simbolo di "massa di telaio" indica una massa artificiale (per gli amplificatori operazionali IC1 e IC2), che è ad un livello continuo pari alla metà della tensione stabilizzata d'alimentazione e che viene derivata per mezzo dell'azione di caduta di tensione dei diodi zener D1 e D2.

I guadagni dei canali basso e alto si possono regolare con i potenziometri R34 e R35. Con i cursori di questi controlli a metà corsa, i guadagni di tutti gli amplificatori sono circa pari a 15. Un'onda sinusoidale d'entrata di 460 mV efficaci offrirà perciò la piena potenza d'uscita.

Costruzione - Il montaggio del progetto è relativamente semplice. Tutte le parti, ad eccezione del trasformatore d'alimentazione da 24 V, sono montate su un solo circuito stampato da 14 x 16 cm, di cui nella *fig. 3* è riportato il disegno in grandezza naturale e il piano di foratura. Nella *fig. 4* è visibile invece la disposizione dei componenti. Nell'inserire i condensatori elettrolitici, i diodi, i transistori e i circuiti integrati si faccia attenzione a rispettarne le polarità.

I resistori R2 ÷ R17 e R26 ed i condensatori C3 ÷ C9 e C16 determinano le frequenze di incrocio; per ottenere le migliori prestazioni, questi componenti devono avere una tolleranza non superiore al ± 5%. Nell'elenco materiali è indicato che questi condensatori devono essere al polistirolo, ma si possono anche usare tipi diversi, purché di precisione e a basse perdite.

I transistori da Q1 a Q4 sono montati per mezzo di appositi accessori su dissipatori di calore. Anche per gli IC LM379S è necessario fare uso di simili dissipatori. Il piedino 1 degli IC di potenza è marcato con un piccolo puntino bianco sull'involucro. Il grosso condensatore di filtro C1 si monta sul circuito stampato con normali minuterie di montaggio.

Se si impiegano altri amplificatori di potenza, IC3 e IC4, nonché i transistori da Q1 a Q4 e i relativi componenti (ved. schema della *fig. 1*) si possono omettere. Le uscite per gli amplificatori esterni si possono prelevare dalle piste previste per accettare i piedini 6 e 9 di IC3 (frequenze alte e medie) e i piedini 7 o 9 di IC4 (frequenze basse). Si usi cavo schermato con jack fono e si metta lo schermo a massa solo nei jack. Si realizzino i cavi corti, aggiungendo resistori di separazione da 100 Ω, se necessario, per evitare oscillazioni.

Se si montano gli amplificatori di potenza sul circuito stampato, sarà comodo racchiudere tutto il progetto dentro il mobile degli altoparlanti. I potenziometri R34 e R35 si possono installare al posto degli originali controlli del filtro di incrocio, mentre il portafusibile, il connettore d'entrata e l'interruttore generale si possono sistemare sul pannello posteriore del mobile. Per consentire un'adeguata ventilazione, si fissi il circuito stampato nel punto piú basso possibile del mobile, in modo che il materiale antifonico non impedisca la circolazione dell'aria. I fili di collegamento ai potenziometri e agli altoparlanti devono essere intrecciati tra loro.

Per usare il progetto con amplificatori di potenza esterni, sarà necessario realizzare un mobile adatto, montando i controlli, i connettori d'entrata e d'uscita, il portafusibile e l'interruttore generale su uno dei suoi pannelli.

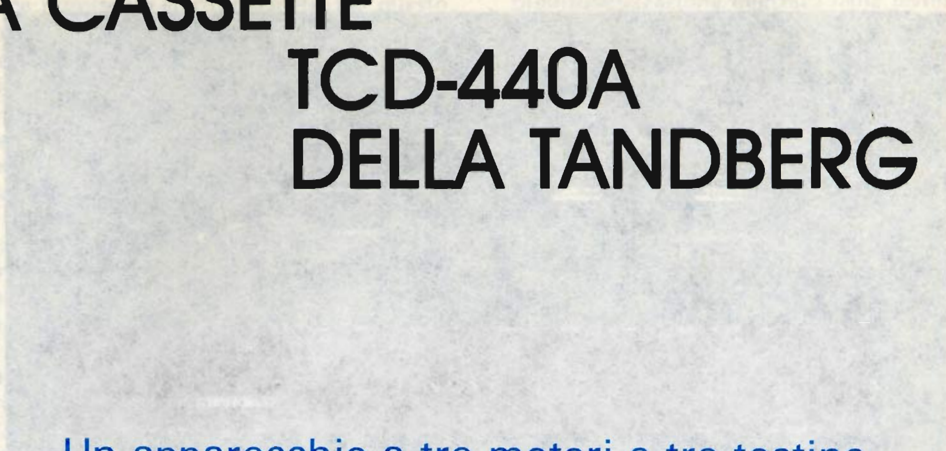
I componenti T1, RECT1 e C1 dell'alimentatore sono piú che adeguati per due canali stereo. I condensatori di disaccoppiamento da C22 a C25 si possono omettere, ma per ciascun canale si deve usare una stabilizzazione con diodi zener. Gli altoparlanti devono essere muniti singolarmente di connettori distinti e, volendo, possono essere protetti mediante fusibili di caratteristiche adatte.

Impianto - Qualunque sistema si adotti, si faccia attenzione alla polarità degli altoparlanti, indicata talvolta con un puntino rosso che significa "piú". Alcune autorità in materia hanno l'impressione che, con filtri di incrocio da 18 dB per ottava, il migliore responso di fase presso le frequenze di incrocio si ottenga collegando altoparlanti adiacenti fuori fase. Eventualmente si può fare qualche esperimento per vedere quale impianto offra i migliori risultati.

In alcuni casi, collegando direttamente l'amplificatore a un woofer, si aumenta lo smorzamento al punto in cui una piccola parte del responso ai bassi viene perduto. Ciò può essere evitato collegando un resistore di basso valore, generalmente da 1 Ω o meno, in serie con l'altoparlante. Per proteggere gli altoparlanti dai transienti, gli amplificatori di potenza devono essere accesi dopo che il filtro di incrocio è stato alimentato e spenti prima che venga interrotta l'alimentazione al filtro di incrocio.

Ottenuto il giusto funzionamento del progetto, si facciano tutte le correzioni necessarie e si regolino i controlli di livello per il responso piú piatto. Il miglioramento nel suono degli altoparlanti non sarà sorprendente ma dovrà essere chiaramente udibile. ★

REGISTRATORE A CASSETTE TCD-440A DELLA TANDBERG



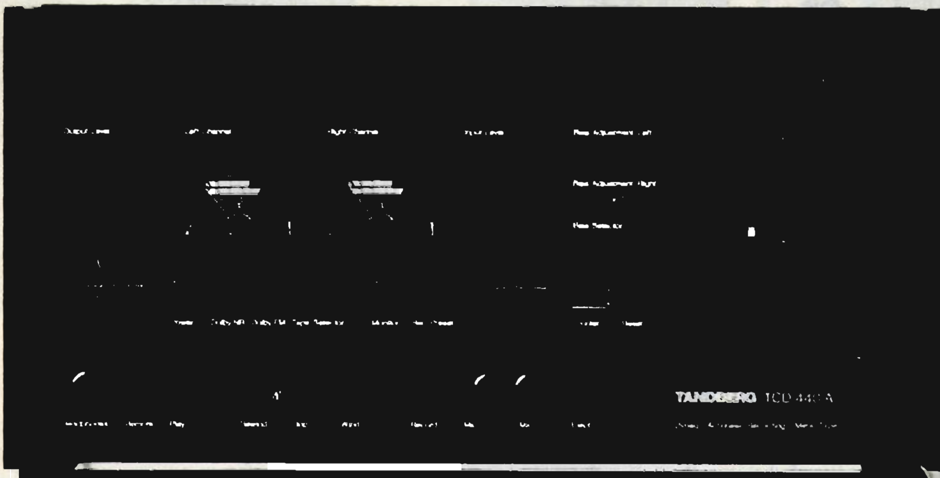
Un apparecchio a tre motori e tre testine con sistema di equalizzazione dinamica in registrazione "Dyneq" ed amplificatore di registrazione di tipo "Actilinear"

L'apparecchio che capeggia la nuova serie di registratori presentata dalla Tandberg è il Mod. TCD-440A, un registratore di grande qualità con tre motori e tre testine. In esso è incorporato il sistema dinamico di equalizzazione "Dyneq", che riduce notevolmente la saturazione del nastro alle frequenze elevate, ed inoltre è montato il sistema di registrazione "Actilinear", che permette di sfruttare a fondo nastri a leghe metalliche senza saturare gli amplificatori di registrazione.

Il registratore Tandberg TCD-440A può essere installato in posizione sia verticale, sia orizzontale; per il montaggio in verticale viene fornito uno zoccolo di supporto smontabile. L'apparecchio è interamente rifinito in nero e misura: 46,5 cm di larghezza, 22,5 cm di altezza e 10 cm di profondità; il prezzo di vendita supera il milione di lire. L'unità di telecomando a raggi infrarossi, fornita a richiesta, costa circa 150.000 lire.

Descrizione generale - Il sistema di avanzamento è comandato da pulsanti molto leggeri da manovrare, che mettono in azione degli elettromagneti. L'apparecchio non è dotato dell'usuale comando di "pausa", ma si può mandare in registrazione azionando un solo pulsante, purché sia stato preventivamente premuto lo speciale pulsante di predisposizione (Rec. Preset). Appositi circuiti logici consentono di passare direttamente da una velocità all'altra e così pure da un modo di funzionamento ad un altro; registrazioni con "partenza volante" possono essere ottenute premendo i pulsanti di registrazione (Record) e di avvio (Play) mentre il nastro è in riproduzione e rilasciando il secondo tasto prima del tasto "Record".

Altri commutatori a pulsante comandano l'accensione dell'apparecchio (Power), l'inserzione del sistema per la riduzione del rumore (Dolby NR) e la scelta della costante di equalizzazione interna. Un pulsante contrassegnato con la sigla Dolby FM è destinato ad essere usato, insieme con il pulsante Dolby NR, per convertire la costante di tem-



po della deenfasi di un segnale proveniente da un radioricevitore per MF dai 75 μs ai 25 μs prima di passarlo per la decodifica e la registrazione. Pulsanti separati predispongono l'apparecchio per nastri di Tipo I o di Tipo II; queste ultime sono le denominazioni ufficiali adottate dalla IEC (Commissione Elettrotecnica Internazionale) per due classi generali di nastro, rappresentate ad esempio rispettivamente dai nastri all'ossido di ferro (normali) e dai nastri al biossido di cromo od al ferro-cobalto, ad alto livello di premagnetizzazione. Se entrambi i pulsanti sono premuti, l'apparecchio è predisposto per i nastri di Tipo IV (metallici). Un altro pulsante seleziona il segnale prelevato per il controllo dalla sorgente o dal nastro. Esiste inoltre un filtro (MPX) che può essere inserito per attenuare il residuo della pilota a 19 kHz, presente nei segnali provenienti dai ricevitori per MF.

Al di sopra dei pulsanti di comando si trovano due strumenti di misura illuminati, che indicano il livello dei picchi del segnale equalizzato. Su questi strumenti si trovano due diverse scale: quella superiore, per i nastri di Tipo I e Tipo II, ha il punto degli "0 dB" corrispondente ad un flusso nel nastro di 250 nWb/m, mentre quella inferiore, per i nastri metallici, ha lo "0 dB" posto 4 dB più in alto (cioè sui 400 nWb/m).

Il livello d'uscita in riproduzione ed il livello in registrazione sono regolabili mediante potenziometri doppi, del tipo a slitta. Un commutatore a levetta a tre posizioni predispone il livello di premagnetizzazione per i nastri di Tipo I, Tipo II o Tipo IV. Comandi interni, accessibili mediante un cacciavite, permettono una regolazione fine del livello di premagnetizzazione, in modo da poterlo ottimizzare per ogni specifico modello di nastro. Un'operazione del genere richiede però l'impiego di qualche strumento di misura e non rientra nel gruppo delle normali regolazioni effettuate dall'utente.

Sul pannello frontale del Mod. TCD-440A si trovano anche una presa per cuffia, un connettore per il telecomando opzionale,

due prese per microfono ed il contatore del nastro. Lo sportello dello scomparto portacassetta è incernierato verticalmente e il pulsante per l'espulsione della cassetta (Eject) agisce tramite un elettromagnete: per questo motivo lo sportello che copre la cassetta non può essere aperto normalmente se l'apparecchio non è alimentato. Se si desidera aprire lo sportello in assenza di alimentazione, si deve agire su un'apposita leva di espulsione meccanica, situata sotto il corpo del registratore.

Spingendo il bordo superiore di uno stretto sportello metallico, questo si inclina e si apre, scoprendo la manopola per la regolazione dell'azimut della testina di registrazione, un interruttore per l'invio del segnale di prova (Test) e le istruzioni per l'allineamento della testina, operazione che è necessario compiere prima di ogni registrazione. La testina di registrazione e quella di lettura sono infatti distanti tra loro quanto basta perché un posizionamento leggermente obliquo del nastro nella cassetta alteri l'effettivo allineamento delle relative piste. La testina di lettura è allineata in sede di costruzione, ma prima di eseguire qualsiasi registrazione è necessario allineare la testina di registrazione sulla cassetta che si sta usando in quel momento. Un oscillatore interno sui 10 kHz facilita questa operazione.

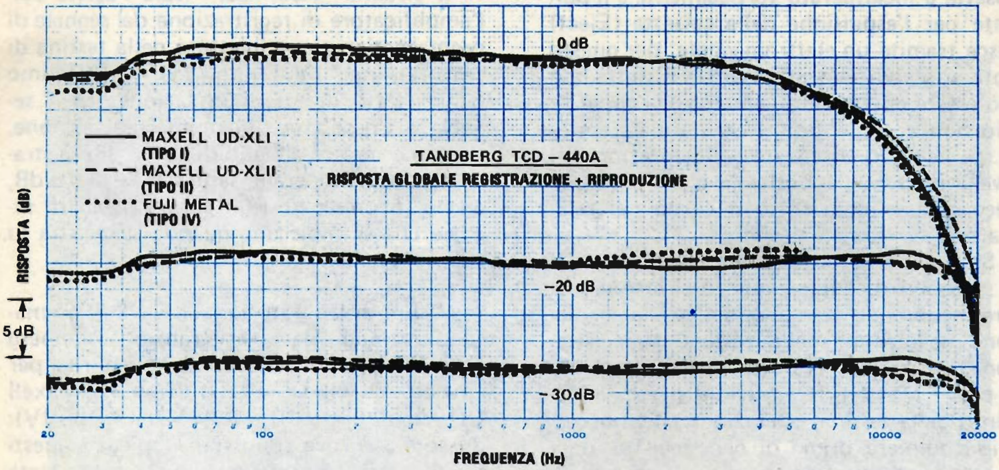
Il sistema "Dyneq" è la risposta della Tandberg al problema della saturazione del nastro sulle alte frequenze; esso tiene sotto analisi il livello del segnale in arrivo, particolarmente per quanto riguarda il suo contenuto alle alte frequenze, e usa l'informazione ottenuta per regolare la risposta di un circuito risonante nell'amplificatore di registrazione, che esalta il segnale in corrispondenza dei 20 kHz. Allorché il contenuto ad alta frequenza del segnale aumenta, l'effetto di esaltazione delle alte frequenze nell'amplificatore di registrazione viene progressivamente ridotto. Questo accorgimento riduce la possibilità da parte del nastro di andare in saturazione. Il flusso usato per la registrazione delle alte frequenze è infatti tenuto costante in un ampio intervallo di livello del segnale in arrivo; il risultato è un notevole aumento della risposta alle alte frequenze, che arriva a circa 10 dB sui 15 kHz. Il sistema "Dyneq" lavora soltanto nel corso della registrazione e produce nastri perfettamente compatibili con altri registratori; come ulteriore vantaggio, questo sistema consente una decisa riduzione della distorsione di intermodulazione.

Il sistema "Actilinear" isola l'uscita dell'amplificatore di registrazione dal segnale di premagnetizzazione iniettato nella testina di registrazione, riducendo cosí al massimo ogni effetto di intermodulazione tra il segnale e l'oscillatore di premagnetizzazione. Fornisce inoltre all'amplificatore di registrazione un margine alla saturazione di 15 dB, anche in presenza degli elevati livelli di segnale che si impiegano quando si registra su nastri metallici.

Misure di laboratorio - I livelli di premagnetizzazione del registratore Tandberg TCD-440A sono ottimizzati in fabbrica per i nastri Maxell UD-XL 1 (Tipo I), Maxell UD-XL II (Tipo II) e Fuji Metal (Tipo IV); durante le prove sono stati impiegati questi stessi nastri. La prima misura eseguita è stata quella dell'equalizzazione in riproduzione; per essa si sono utilizzate le cassette di prova della TDK, Teac e BASF per equalizzazioni con costanti di tempo sia di 120 μs sia di 70 μs. I risultati ottenuti con i diversi nastri presentavano, come prevedibile, leggere differenze, ma la risposta in riproduzione è risultata normalmente compresa in una fascia larga 2 dB da 40 Hz sino alla massima frequenza registrata sul nastro (10 kHz, oppure 12,5 kHz).

La risposta in frequenza globale registrazione + riproduzione è stata misurata, con ciascuno dei tre tipi di nastro, a livelli tali da far indicare 0 dB, −20 dB e −30 dB sugli strumenti di misura montati sull'apparecchio. La risposta in frequenza del Mod. TCD-440A è specificata dalla casa costruttrice per un livello di −30 dB rispetto a 250 nWb/m, mentre la maggior parte dei registratori a cassette si riferisce ad un livello di −20 dB o di −26 dB. Nel corso delle prove si sono riscontrate differenze quasi trascurabili tra le curve ottenute a −20 dB ed a −30 dB; per di piú esse erano concentrate nella zona al di sopra dei 15 kHz.

Il registratore in oggetto è apparso eccezionalmente privo delle marcate irregolarità alle basse frequenze, presenti nella risposta in riproduzione di quasi tutti i registratori a cassette. La sua risposta in frequenza si potrebbe definire compresa entro ±1,5 dB da 20 Hz a 18 kHz con qualsiasi tipo di nastro usato, con livello sia di −20 dB sia di −30 dB. La curva di risposta misurata a



Curve di risposta in frequenza per i tre tipi di nastro.

0 dB cominciava a scendere al di sopra dei 3 o 4 kHz, indipendentemente dal tipo di nastro impiegato; essa però non raggiungeva la curva dei – 20 dB sino a 18 o 20 kHz, senza scendere mai al di sotto di essa. Sulla maggior parte dei registratori a cassette i nastri metallici danno una migliore risposta alle alte frequenze per livelli di registrazione elevati; la presenza del sistema "Dyneq" sembra invece garantire una risposta quasi identica con qualsiasi tipo di nastro.

I circuiti per il sistema Dolby sono apparsi molto precisi; si è infatti misurata, tra le condizioni di "Dolby escluso" e "Dolby inserito" una variazione nella risposta globale non superiore a 1 dB sino a 10 kHz, e a 2 dB tra 10 e 15 kHz; questa verifica è stata fatta con livelli di – 20 dB, – 30 dB e – 40 dB.

A seconda del nastro usato, per leggere 0 dB sugli strumenti è risultato necessario un livello d'ingresso compreso tra 65 mV e 92 mV a 1 kHz. I massimi livelli sull'uscita "Line" che si sono ottenuti in questa condizione erano compresi tra 1,15 V e 1,82 V. Con livello in registrazione di 0 dB, la terza armonica presente sul segnale riprodotto è risultata dello 0,8% con il nastro di Tipo I, dello 0,5% con quello di Tipo II e dell'1,6% con quello di Tipo IV (quest'ultimo è stato registrato al suo livello di riferimento, vale a dire 4 dB piú alto degli altri). I livelli in registrazione che fanno salire al 3% la distorsione di terza armonica sul segnale riprodotto sono risultati rispettivamente di + 5,4 dB, + 6 dB e + 2,5 dB per i tre tipi di nastro.

I rapporti segnale/rumore non pesati, riferiti ai livelli di segnale utile che portano la distorsione al 3%, sono risultati di 52,8 dB, 55,7 dB e 56,1 dB rispettivamente per i nastri di Tipo I, di Tipo II e di Tipo IV. Con il sistema Dolby in funzione e pesatura secondo le norme CCIR/ARM, questi valori salivano a 63,8 dB, 67,5 dB e 67,3 dB. Registrando attraverso gli ingressi microfonici, si è rilevato un aumento del rumore pari a 7 dB con il comando del guadagno in registrazione posto al massimo e l'ingresso chiuso su 1 kΩ (il guadagno dell'amplificatore microfonico è funzione dell'impedenza della sorgente). La diafonia tra i canali alla frequenza di 1 kHz è risultata di – 60 dB.

Mediante l'uso di nastri di prova si è constatato che un flusso di 250 nWb/m produce effettivamente una lettura di 0 dB in ripro-

duzione. I punti di taratura del sistema Dolby sono situati a −2 dB (corrispondenti ad un livello di 200 nWb/m): con gli speciali nastri di prova per sistema Dolby si è osservata sugli strumenti un'indicazione di −1 dB e di −1,5 dB rispettivamente sui due canali. Gli strumenti di misura hanno una risposta molto rapida ai transitori: con treni d'onda della durata di 0,3 s essi arrivano già ad indicare il 100% del livello che indicherebbero in regime stazionario.

Si è inoltre appurato che il sistema di avanzamento del nastro aveva una velocità superiore dello 0,5% al valore nominale. Le fluttuazioni rapide di velocità (flutter), misurate come valore efficace pesato (JIS), sono risultate dello 0,07% e del ±0,1% se misurate come valore di picco pesato (CCIR). In una misura di questo parametro sull'intero processo di registrazione + riproduzione questi valori sono saliti rispettivamente allo 0,1% ed allo 0,15%. In avanzamento veloce ed in riavvolgimento una cassetta C-60 viene trasferita da una estremità all'altra rispettivamente in un tempo di 43 s e di 50 s, cioè assai rapidamente. Al termine di ogni movimento veloce il meccanismo di avanzamento provvede a rallentare preventivamente il movimento del nastro per ridurre le sollecitazioni che questo subirebbe in caso di arresto immediato.

Impressioni d'uso - Le caratteristiche nominali del registratore Tandberg TCD-440A sono dettagliatamente elencate nei fogli descrittivi; ogni volta che si è potuta effettuare una misura, le prestazioni dell'esemplare in prova hanno soddisfatto o superato le specifiche.

Nonostante il suo insieme di comandi di tipo non tradizionale, l'apparecchio TCD-440A è assai facile da usare. L'unico particolare poco soddisfacente della sua struttura è lo sportello per la cassetta, che non si apre a sufficienza per rendere facile il caricamento e l'estrazione della cassetta, specialmente quando l'apparecchio è sistemato in una posizione tale per cui l'accesso al suo lato destro è limitato; in tal caso infatti la cassetta, per il caricamento e l'estrazione, deve essere portata al di là del bordo destro dell'apparecchio per disimpegnarsi completamente dallo sportello.

Una prova particolare a cui si possono sottoporre i registratori a cassetta consiste nel registrare il rumore proveniente da un sintonizzatore per MF non centrato su alcuna stazione e nel confrontare il segnale diretto con quello riprodotto. Con molti registratori di buona qualità i due rumori appaiono quasi perfettamente uguali, eccezion fatta per qualche minima colorazione alle frequenze centrali. Un simile grado di precisione si ottiene però soltanto quando il livello di registrazione è tenuto sotto −20 dB (−10 dB su alcuni modelli migliori).

Durante questo tipo di prova, dopo aver effettuato un preciso bilanciamento del livello dei due segnali posti a confronto, si sono udite differenze tra il soffio proveniente direttamente dal sintonizzatore e quello registrato e riprodotto dal Mod. TCD-440A, anche lavorando con livelli di 0 dB. E' questa una prestazione davvero notevole per un apparecchio a cassette, specialmente se si considera che lo stesso risultato è stato ottenuto con ciascun tipo di nastro usato.

Gli altri vantaggi offerti dal sistema "Dyneq" (ridotta distorsione di intermodulazione e assenza di battimenti con l'oscillatore locale) sono piú difficili da constatare, poiché non vi è la possibilità di confrontare le prestazioni di un apparecchio equipaggiato con il sistema "Dyneq" con quelle dello stesso apparecchio senza "Dyneq". La Tandberg ha però preparato nei suoi laboratori una cassetta dimostrativa, usando un registratore Mod. TCD-440A modificato in modo tale da poter escludere il sistema "Dyneq". L'ascolto di questa cassetta, che contiene diversi segnali di prova registrati mentre il sistema "Dyneq" viene ciclicamente escluso ed inserito, non lascia dubbi sulle capacità del sistema.

Rispetto alla maggior parte degli altri registratori a cassette, il Mod. TCD-440A è in grado di effettuare registrazioni piú pulite e piú ricche di alte frequenze; anche se tale caratteristica non è sempre richiesta, e quindi poco apprezzata in pratica, il registratore descritto elimina le preoccupazioni che si hanno quando ci si accinge a registrare un brano la cui dinamica non è ben nota anticipatamente. Se gli strumenti di misura non vanno oltre gli 0 dB, eccetto che nei picchi piú elevati, è certo che si otterrà una registrazione di prima qualità. Con questo apparecchio, inoltre, ben raramente è necessario ricorrere all'uso del nastro metallico, in quanto un buon nastro di Tipo II sembra già capace di sfruttare pienamente le possibilità offerte. ★



SEI TESTINE FONO STEREOFONICHE

Risultati di laboratorio e delle prove d'ascolto compiute su campioni di testine prodotte da sei diverse case costruttrici

Shure Brothers	Empire	Audio-Technica	Sonus



M-97HE	*500ID*	*AT-30E*	*Dimension 5*

Le testine fonorilevatrici, come del resto ogni altro componente elettromeccanico, sono tradizionalmente considerate "anelli deboli" della catena di apparecchiature che compongono un impianto di riproduzione audio. Ciò è in parte vero, poiché le raffinate tecniche impiegate nell'incisione, quale il condurre l'operazione a velocità dimezzata, hanno reso possibile l'incisione di dischi che i sistemi di riproduzione non riescono a sfruttare sino in fondo. Inoltre gli amplificatori elettronici hanno compiuto progressi tali che la distorsione appare spesso al di sotto del limite di misurabilità se per la prova non si usano gli strumenti piú perfezionati.

Quanto sopra non significa però che non si siano verificati progressi nel campo delle testine, anzi, negli ultimi tempi esse sono state notevolmente migliorate. Esaminando sei testine fonografiche di prezzo oscillante dalle 80.000 alle 230.000 lire, si è constatato che, pur essendovi tra l'una e l'altra leggere differenze nei valori misurati, non è possibile udire differenze significative nei suoni da esse prodotti, tranne forse per quanto riguarda le frequenze piú alte della banda audio.

I concorrenti - Le testine fonorilevatrici scelte per la prova comprendono modelli recenti di cinque grandi case produttrici: la Shure Brothers, la Audio-Technica, la Pickering, la ADC e la Empire; completa la serie la testina Dimension 5 della Sonus (una ditta costruttrice minore), che rappresenta il modello piú costoso (230.000 lire). La Audio-Technica AT-30E (110.000 lire circa), essendo del tipo a bobina mobile con basso segnale d'uscita, necessita di un trasformatore in salita o di un preamplificatore proprio (il trasformatore Audio-Technica AT-630, adatto allo scopo, costa circa 90.000 lire). Le altre testine provate sono la Shure M-97HE (circa 100.000 lire), la Pickering XSV-4000 (circa 130.000 lire), la ADC Integra XLM III (circa 80.000 lire) e la Empire 500ID (circa 110.000 lire).

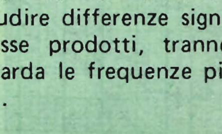
Tre di queste testine hanno la puntina ellittica; le altre, cioè la Shure Hyperelliptical, la Pickering Stereohedrone e la Sonus Lambda, hanno puntine con sagomature ellittiche modificate che consentono un piú esteso contatto con le pareti del solco, pur avendo un raggio molto piccolo, tale da garantire prestazioni migliori alle alte frequenze.

Tutte le testine provate prevedono basse forze di appoggio sulla superficie del disco; i valori di questo parametro sono rispettivamente: 1,2 g ± 0,3 g per la testina ADC Integra XLM III; da 1,4 g a 2,0 g per la Audio-Technica AT-30E; 1,5 g (− 0,25 g + 0,5 g) per la Empire 500ID; 1 g + 0,25 g (forza netta; 1 g ulteriore è necessario per compensare la forza dello spazzolino) per la Pickering XSV-4000; da 0,75 g a 1,5 g (+ 0,5 g necessari a compensare lo spazzolino "stabilizzatore dinamico") per la Shure M-97HE; da 1 g a 1,5 g per la Sonus Dimension 5.

La testina Integra XLM III della ADC è munita di un guscio portatestina in materiale a fibre di carbonio; la massa di tutto l'insieme pesa 12 g. Una particolarità di questa testina è quella di possedere meccanismi per la regolazione sia della distanza dal perno del braccio sia dell'angolo verticale di lettura.

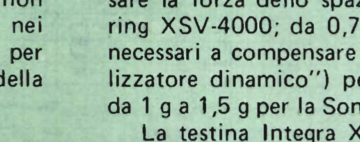
Prove di laboratorio - Le prove di risposta in frequenza e di separazione tra i canali, condotte sulle sei testine, hanno fornito i risultati che sono illustrati nei sei grafici della *fig. 1*.
Ciascuna testina è stata chiusa su un carico

Pickering

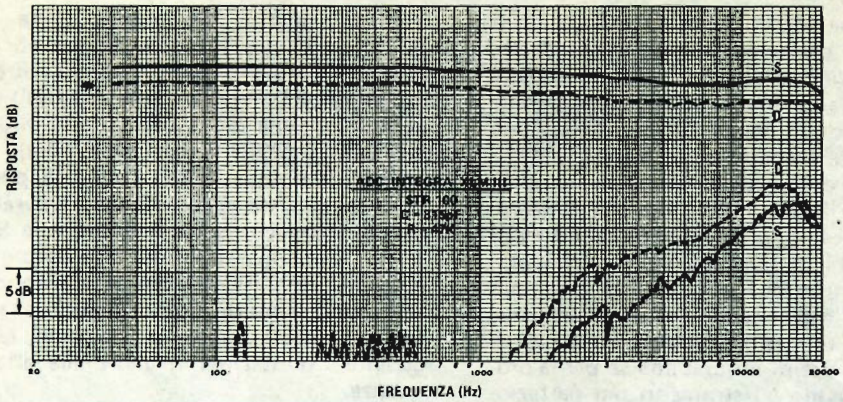


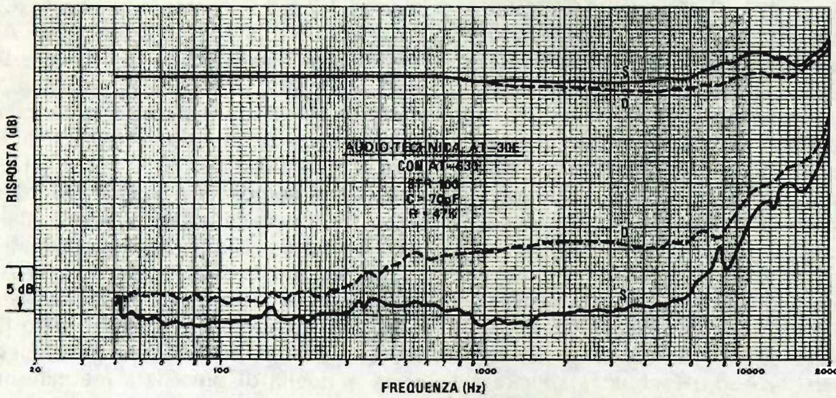
XSV-4000

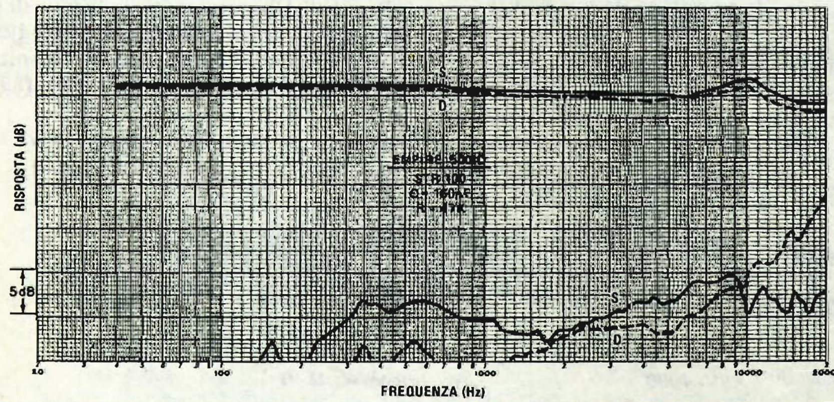
ADC



Integra XLM III


RISPOSTA (dB)
S
D
STR 100
5dB
20
100
1000
10000
20000
FREQUENZA (Hz)


RISPOSTA (dB)
S
D
AUDIO-TECHNICA AT-30E
CON
R = 47K
5 dB
20
100
1000
10000
20000
FREQUENZA (Hz)


RISPOSTA (dB)
S
D
5dB
100
1000
10000
20000
FREQUENZA (Hz)

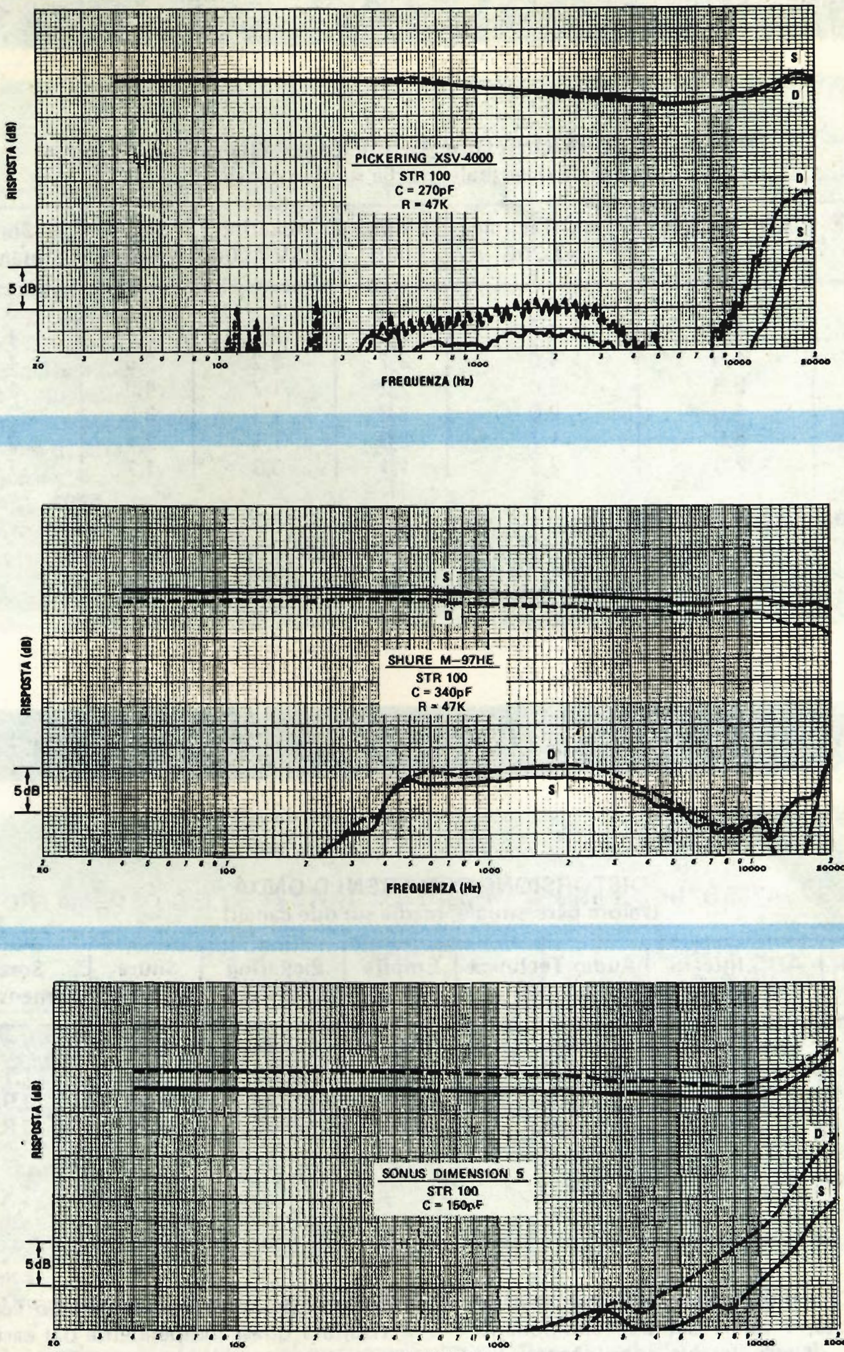


Fig. 1 - Curve di risposta in frequenza e diafonia delle sei testine provate
Si tenga presente che il limite inferiore di misura è di 40 Hz.

TAB. I

DISTORSIONE DI INTERMODULAZIONE
(valore percentuale, media sui due canali)

Velocità (cm/s)	ADC Integra XLM III	Audio-Technica AT-30E	Empire 500ID	Pickering XSV-4000	Shure M-97HE	Sonus Dimension 5
27,1	6,0	6,0	4	5	2,4	3
22,6	2,5	4,0	3	2,5	2,7	1,5
17,9	1,5	4,0	2,7	2,2	3,5	1,7
14,3	2,3	3,0	2,2	1,7	4,3	1,6
11,3	4,0	2,0	2,8	1,3	3,5	2,0
8,7	3,0	1,7	2,0	1,1	2,4	2,0
6,9	2,0	2,5	1,1	0,8	1,7	1,5

Provata con disco Shure TTR 102

TAB. II

DISTORSIONE CON TRENI D'ONDA
(valore percentuale, media sui due canali)

Velocità (cm/s)	ADC Integra XLM III	Audio-Technica AT-30E	Empire 500ID	Pickering XSV-4000	Shure M-97HE	Sonus Dimension 5
30	6,3	8,5	2,5	7,3	1,2	2,3
23,8	0,89	3,0	1,6	1,8	0,83	1,1
18,9	0,79	0,62	1,0	0,92	0,68	0,92
15,0	0,89	0,63	0,84	0,67	0,74	0,83

Provata con disco Shure TTR 103

costituito da una resistenza in parallelo ad una capacità; i valori dei due componenti usati sulle diverse testine sono segnati sui grafici. Come ci si può aspettare da una testina a bassa impedenza, anche se fatta funzionare con un trasformatore, la risposta in frequenza del modello della Audio-Technica è risultata quasi indipendente dal carico (se poi si fosse usato un preamplificatore per testina, il carico avrebbe avuto un'influenza praticamente nulla). La capacità di carico ha influenzato quasi impercettibilmente il

TAB. III

LIVELLO D'USCITA - SBILANCIAMENTO - ANGOLO DI LETTURA

Testina	Usc. canale sinistro (mV)	Usc. canale destro (mV)	Sbilanciamento (dB)	Angolo di lettura verticale
• ADC Integra XLM III	5,5	4,6	1,5	24°
• Audio-Technica AT-30E con trasformatore AT-630	4,4	4,2	0,4	18°
• Empire 500ID	4,2	4,0	0,4	22°
• Pickering XSV-4000	4,2	4,2	0	24°
• Shure M97HE	4,5	3,8	1,4	26°
• Sonus Dimension 5	2,6	3,4	2,3	24°

TAB. IV

COMPORTAMENTO DELLE TESTINE SU DISCHI "SHURE AUDIO OBSTACLE COURSE"

Testina	Forza di appoggio	ERA III				ERA IV					Totale
		C	S	T	V	C	F	A	A/F	F/C	
• ADC Integra XLM III	1,5	5	5	4	5	4	5	4	3	5	40
• Audio-Technica AT-30E	2	5	5	5	5	4	5	5	4	5	43
• Empire 500ID	1,5	5	4	5	5	4	4	5	4	5	41
• Pickering XSV-4000	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	45
• Shure M97HE	1,5	5	5	5	0	5	5	5	5	5	45
• Sonus Dimension 5	1,5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	43

Nota 1 - I numeri si riferiscono al massimo livello del disco riprodotto senza distorsione udibile.
Nota 2 - C = Campane; S = Suoni sibilanti; T = Tamburi; V = Violini; F = Flauti; A = Arpe.

modello della Sonus ed ha avuto un leggero effetto per la maggior parte delle altre testine. Il modello della Empire, che presentava un leggero picco sui 10 kHz, esaltato da un eccesso di capacità, è stato il piú sensibile a questo parametro. Non dovrebbero comunque sorgere problemi in questo senso, eccetto che con i modelli piú vecchi di giradischi, con cablaggi ad elevata capacità.

In generale le curve di risposta in frequenza sono risultate sufficientemente regolari perché il loro scostarsi dall'andamento ideale potesse essere quasi ignorato (in effetti, poiché si è constatato che le risposte in frequenza delle testine dipendevano dal disco di prova usato, dire quanto tali risposte si scostassero davvero dall'andamento ideale non è per nulla semplice). Anche il valore di diafonia tra i due canali dipendeva in parte dalla precisione con cui l'angolo che separa la modulazione sul solco dei canali destro e sinistro (nominalmente di 90°) era uguale al corrispondente angolo nella testina. La separazione tra i canali era anche sensibile all'angolo (sempre di 90°) tra la superficie del disco e la puntina, con la testina posta di fronte. Pur se tra le diverse testine provate vi era qualche differenza nella separazione (cioè nel grado di assenza di diafonia), nessuna testina è apparsa inefficiente sotto questo aspetto.

Nella *tab. I* e nella *tab. II* sono riportati rispettivamente i valori della distorsione di intermodulazione misurata con segnale continuo e i valori della distorsione misurata con treni d'onda a 10 kHz. Sfortunatamente la correlazione tra la distorsione misurata e la qualità acustica di una testina fonorilevatrice non è per nulla chiara (le ragioni di ciò sono complesse ed esulano dallo scopo del nostro articolo). Di conseguenza, anche se le misure hanno dimostrato che tra le diverse testine esiste una certa diversità di distorsione, non si può dedurre nulla per quanto riguarda le prestazioni acustiche. E' da notare comunque che, anche nel caso dei componenti piú lineari, le testine fono, come del resto gli altoparlanti, producono livelli di distorsione assai superiori a quelli generati dai componenti elettronici.

Nella *tab. III* sono elencate invece le tensioni d'uscita sui canali destro e sinistro delle diverse testine, nonché il numero di decibel che esprime lo sbilanciamento di livello tra i due canali; queste misure sono state eseguite a 1 kHz. Poiché la risposta in frequenza ha deviazioni dalla perfetta linearità paragonabili ai citati valori di sbilanciamento, questi ultimi non possono ritenersi significativi per l'intera banda audio. Anche lo sbilanciamento relativamente elevato misurato per la testina Sonus non può ancora considerarsi fastidioso, come hanno mostrato le successive prove di ascolto; si deve comunque tener presente che basta ritoccare leggermente il comando di bilanciamento dell'amplificatore per compensare quello della testina.

Nell'ultima colonna della *tab. III* sono riportati i valori misurati per l'angolo verticale di lettura; mentre il valore nominale normalizzato di questo parametro è di 20°, quelli misurati si concentravano intorno ad una media di 23°. Anche se è stato dimostrato che un errore nell'angolo di lettura verticale può portare ad un aumento della distorsione, la scarsa correlazione esistente tra distorsione e qualità sonora fa ritenere che le differenze siano difficili da sentire. Le prove d'ascolto compiute tendono a confermare questa affermazione, poiché non hanno mostrato differenze avvertibili che possano essere messe in relazione con l'angolo verticale di lettura.

Forse, tra i dati raccolti in laboratorio i piú significativi sotto l'aspetto pratico sono quelli che compaiono nella *tab. IV*; essi indicano la banda piú elevata che le diverse testine sono riuscite a leggere correttamente sui dischi Shure Era III ed Era IV "Audio Obstacle Course" della Shure. Anche la validità di questa prova è dubbia, in particoiare per il fatto che le bande di prova portano soltanto una modulazione monofonica con conseguente eccitazione della puntina esclusivamente nel piano orizzontale e non nel piano verticale. Sembra tuttavia che esista una correlazione ragionevolmente buona tra il comportamento di una testina in questa prova ed i risultati da essa ottenibili con un disco contenente normali brani musicali.

Come si vede consultando la *tab. IV*, i risultati ottenuti in questa prova non differiscono molto da una testina all'altra: il miglior punteggio ottenibile (45) è stato raggiunto da due testine, mentre il modello che ha totalizzato meno punti è arrivato pur sempre a 40. Il punteggio medio conseguito dal gruppo di testine analizzate è di 42,8. Poiché in questa prova la testina che si è comportata peggio ha raggiunto un punteggio pari a circa l'89% di quello totalizzato dalla testina migliore, basandosi soltanto su

tali risultati non è possibile orientarsi in una scelta tra esse. Si noti che il giudizio sulla capacità o meno di riprodurre correttamente la banda di un determinato livello è stato formulato, in questa prova, in base al suono ascoltato.

Prove di ascolto - L'eseguire prove d'ascolto su sei diversi modelli di una qualunque apparecchiatura pone sempre problemi non indifferenti allo sperimentatore. E' ovvio anzitutto che si devono provare i sei apparecchi riproducendo gli stessi brani musicali, per essere poi in grado di fare confronti significativi. D'altra parte occorre tenere presente che, dopo aver ascoltato diverse volte uno stesso brano, l'ascoltatore tende a cambiare inconsciamente i suoi parametri di giudizio; si trova cosí a domandarsi se una certa sfumatura sonora avvertita ascoltando, ad esempio, il terzo apparecchio in prova sia proprio una caratteristica di quest'ultimo o sia dovuta al fatto che si comincia a conoscere meglio quel brano musicale.

Per rispondere a queste domande sarebbe necessario ripetere la prova almeno sei volte, cambiando l'ordine in cui i diversi apparecchi vengono provati e scegliendo ciascuna volta una diversa selezione di brani musicali. Questo modo di procedere costringerebbe però a ridurre la durata di ciascun brano usato per la prova, con il rischio di lasciar passare inosservati difetti che si rilevano fastidiosi soltanto in una prova prolungata. E' inoltre da tener presente che, anche una prova basata su confronti diretti, è da scartare, a causa delle complicazioni elettriche e meccaniche che comporterebbe.

Si è cosí stabilito di ascoltare ciascuna testina per un periodo abbastanza lungo (tre facciate di disco) e di prendere nota di ogni particolarità poco piacevole che si dovesse udire. Per essere certi che tali caratteristiche venissero piú facilmente a galla, l'ascolto è stato effettuato mediante una cuffia di alta qualità, che tende ad esaltare anche i piccoli difetti.

In nessun caso si è trovato spiacevole il suono prodotto da una delle sei testine; certamente tutti i modelli provati non offrivano lo stesso suono, ma nessuno di essi è apparso fastidioso sotto qualche aspetto. E' interessante notare che le sei testine hanno prodotto un suono praticamente equivalente nel 90% dei casi, mentre le poche differenze si sono concentrate nel rimanente 10%, che interessava in gran parte l'estremità superiore dello spettro audio. Tutte le testine si sono dimostrate capaci di riprodurre i passaggi a un livello piú elevato di un disco della Telarc, registrato con tecnica numerica, senza pecche nel suono o segni di sforzo; in altre parole, tutte le testine comprese nel gruppo in prova hanno offerto prestazioni pienamente soddisfacenti.

Le lievi imperfezioni riscontrate sono del tutto secondarie. Per la testina Pickering, ad esempio, la compensazione della forza centripeta ha dovuto essere regolata con grande precisione, per evitare che la puntina venisse deviata dal solco dall'azione dello spazzolino. Nella testina Shure, invece, lo spazzolino (in questo caso chiamato "stabilizzatore dinamico") tendeva a seguire le modulazioni del solco, precedendo la puntina, e creava una sorta di debole pre-eco udibile quando la puntina si trovava in una zona del solco non modulata. Questa particolarità non può comunque costituire un problema, poiché la presenza della seppur minima modulazione o anche soltanto del rumore dovuto alla superficie del disco, riesce a mascherare questa pre-eco; se poi l'ascolto avviene in altoparlante, la pre-eco viene completamente coperta dal rumore d'ambiente. Lo stabilizzatore dinamico può essere anche escluso, ma in tal caso si perderebbero i vantaggi che esso offre nel riprodurre dischi incurvati.

Conclusione - A questo punto il lettore si starà probabilmente domandando perché in questo articolo sono stati presentati tanti dati e si è fatto un lungo discorso per concludere unicamente che non si può dire quale sia la testina migliore tra quelle provate. Questa però è l'unica conclusione che si può trarre dalle prove che si è in grado di fare; il lettore potrà però avere la certezza che, acquistando una qualunque di tali testine, non farà una scelta sbagliata.

Il prezzo di una testina fonorilevatrice non è necessariamente in rapporto diretto con le sue prestazioni, ma dipende dal costo di costruzione. Nel campo delle testine si procede in effetti un poco come in quello dell'arte: se si è attratti dal suono prodotto da un determinato modello, quella è la testina che si deve acquistare, a prescindere dal prezzo. E' certo comunque che, con il passare degli anni, le testine diventeranno sempre migliori e finiranno per dare suoni sempre piú fedeli e perciò simili tra loro. ★



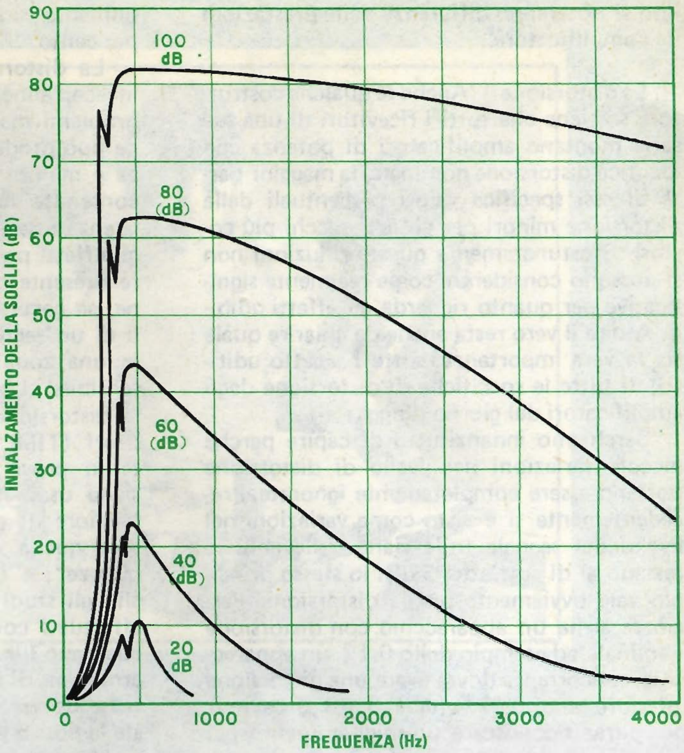
LE NOSTRE RUBRICHE

Panoramica Stereo

POTENZA D'USCITA E DISTORSIONE NEGLI AMPLIFICATORI

E' davvero insolito riuscire a riscontrare una differenza nelle prestazioni di due modelli di ricevitori appartenenti alla stessa serie e prodotti dalla medesima casa costruttrice, in particolare per quanto riguarda lo stadio amplificatore di potenza. La ragione di ciò si può capire prendendo in considerazione i due parametri fondamentali degli amplificatori: la potenza d'uscita e la distorsione. Un amplificatore con potenza d'uscita piú elevata è interessante soltanto perché permette di riprodurre musica ad un livello piú alto senza che i picchi del segnale vengano tagliati; nell'impiego normale infatti un amplificatore "tira fuori" una potenza media di circa 1 W, od anche inferiore, pur se usato per alimentare altoparlanti relativamente poco efficienti. Saltuariamente, ad intervalli di tempo che durano poche centinaia di millisecondi, arriva un picco musicale che sale di 10 dB o di 20 dB al di sopra della media. Per riuscire a riprodurre a dovere questo picco, cioè senza tagliare o limitare il picco della forma d'onda, l'amplificatore deve far salire per un istante la sua potenza d'uscita di un fattore 10 o 100. Benché gli intervalli in cui è richiesta questa prestazione siano molto brevi, è la maggiore o minore capacità di farvi fronte, da parte dell'amplificatore, che determina la differenza tra un apparecchio e l'altro. Buona parte del suono fastidioso che produce un amplificatore sovraccaricato è dovuta proprio al taglio dei picchi.

Prendiamo in considerazione un'ipotetica (ma realistica) serie di ricevitori; le loro potenze nominali d'uscita, dal meno potente al piú potente, saranno ad esempio di 25 W, 40 W, 60 W e 90 W; spesso però tra un modello ed il successivo vi è una differenza ancora piú piccola. Se ora, prendendo come riferimento il modello con potenza piú bassa, traduciamo tutte queste potenze in decibel, ottenendo valori piú significativi sotto l'aspetto dell'effetto udibile, per i diversi ap-



Effetto di mascheramento da parte di un tono a 400 Hz a diversi livelli. Le curve mostrano quanto la soglia di udibilità di toni a frequenza diversa si alzi per la presenza del tono a 400 Hz.

parecchi si ottengono valori di: 0 dB; 2 dB; 3,8 dB e 5,6 dB. Certamente la potenza erogabile da un amplificatore nel corso di un breve picco è considerevolmente piú alta di quella che si può ottenere nel funzionamento continuo, ma, se si considerano apparecchi strutturalmente simili tra loro, questo aumento di potenza può essere considerato come una percentuale fissa costante della potenza continua; la differenza tra i diversi amplificatori resta perciò la stessa quando le potenze vengono espresse in decibel.

E' noto che anche l'ascoltatore piú esigente non riesce a riconoscere differenze nel livello della musica se esse non superano i 3 dB (i progettisti degli attenuatori a passi per segnali audio riconoscono implicitamente la validità di questa regola, poiché tali dispositivi ben raramente hanno passi inferiori ai 2 dB, eppure riescono a dare un effetto di regolazione continua). Da quanto detto si deduce che, se si riproduce la stessa musica su una qualsiasi coppia di amplificatori consecutivi di una ipotetica serie di apparecchi, ad un livello appena al di sotto di quello di saturazione, non vi saranno differenze percettibili nel volume sonoro. In effetti, anche se si considerano due apparecchi non consecutivi ma intervallati da un altro esemplare, la differenza udibile sarà minima e si potrà riconoscere soltanto con un ascolto molto attento. Naturalmente, esistono altri fattori, quali accessori particolari od una migliore sezione MF od ancora un sistema di regolazione del tono piú perfezionato, che possono far preferire un modello migliore di una serie di apparecchi; se però si considera esclusivamente la potenza d'uscita, occorre orientarsi verso un esemplare decisamente molto superiore come qualità, altrimenti

non si noteranno differenze nelle prestazioni dell'amplificatore.

La distorsione - Anche se qualche costruttore sostiene che tutti i ricevitori di una sua serie montano amplificatori di potenza con identica distorsione nominale, la maggior parte di essi specifica valori percentuali della distorsione minori per gli apparecchi piú costosi. Sfortunatamente queste riduzioni non si possono considerare come realmente significative per quanto riguarda gli effetti udibili. A dire il vero resta anche da chiarire quale sia la vera importanza, sotto l'aspetto uditivo, di tutte le specifiche di distorsione degli amplificatori del giorno d'oggi.

Cerchiamo innanzitutto di capire perché piccole variazioni nel livello di distorsione possano essere completamente ignorate. Precedentemente si è visto come variazioni nel livello del segnale utile siano irrilevabili se restano al di sotto dei 3 dB: lo stesso principio vale ovviamente per la distorsione. Perciò se si ha un apparecchio con distorsione nominale ad esempio dello 0,1%, un apparecchio concorrente dovrà avere una distorsione inferiore allo 0,07% (cioè 3 dB di meno) per poter riconoscere un miglioramento nel suo suono (le distorsioni percentuali, per motivi pratici, sono calcolate in termini di tensione e non di potenza). Si tenga presente inoltre che, ignorando la presenza del segnale utile, si è fatto un ragionamento decisamente pessimistico.

L'effetto di mascheramento - La presenza della componente fondamentale del segnale (cioè il suono che subisce la distorsione) rende ogni prodotto della distorsione armonica ancora meno udibile. Come mostrato nel grafico, la presenza di un tono a 400 Hz ad un livello 80 dB al di sopra della sua soglia di udibilità fa salire la soglia udibile di un altro tono a 4.000 Hz (cioè la decima armonica del primo) di 20 dB, vale a dire di un fattore 100. Studi effettuati direttamente sull'udibilità della distorsione da alcuni ricercatori hanno dimostrato che, nelle condizioni piú severe (distorsione a largo spettro in corrispondenza del passaggio per lo zero delle forme d'onda e toni di prova sinusoidali), la soglia di udibilità della distorsione si aggira sullo 0,15%, cioè su un livello elevato se confrontato con i valori oggi normalmente specificati. Allorché si usa la musica come segnale di prova, la soglia di udibilità si innalza sensibilmente sino a raggiungere qualche unità per cento.

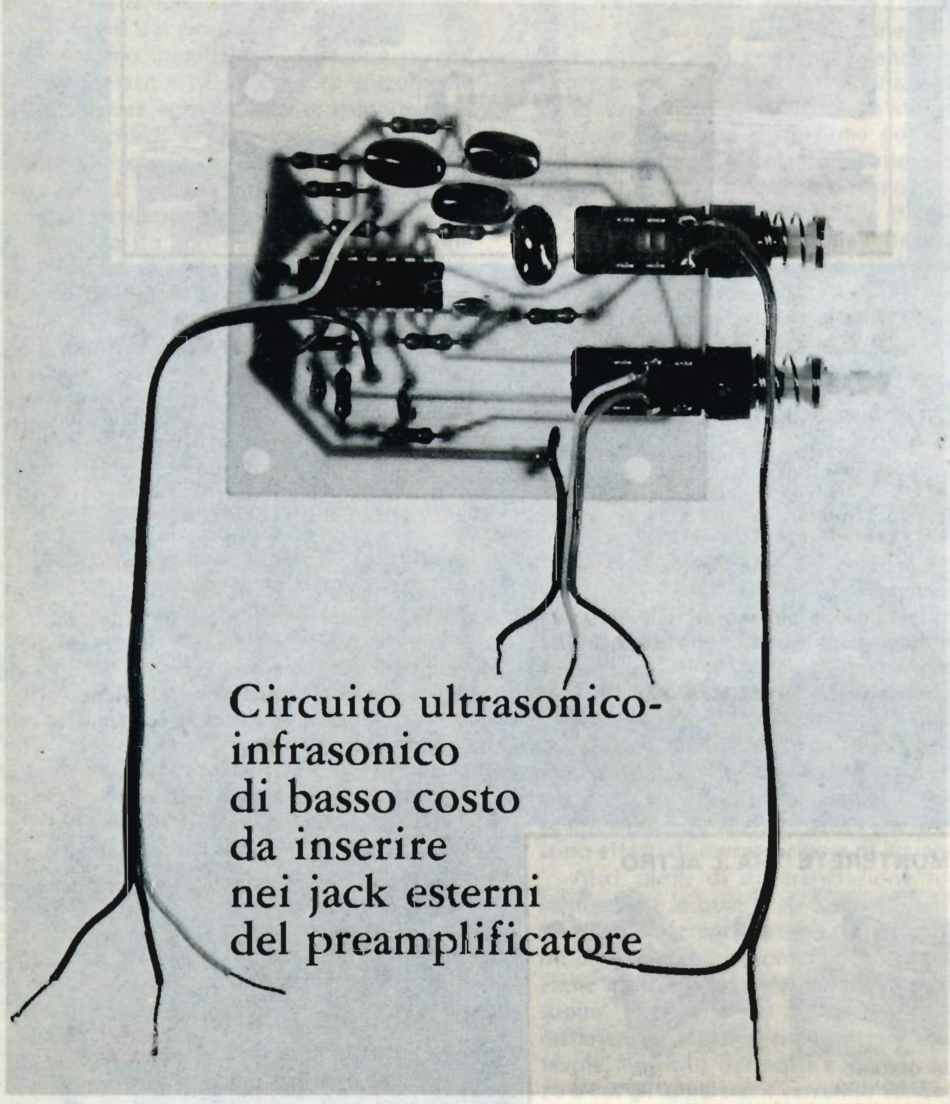
La distorsione di intermodulazione crea invece, almeno ad un giudizio superficiale, problemi maggiori. Questo tipo di distorsione può produrre componenti la cui frequenza è minore della piú bassa delle frequenze contenute nel segnale di prova; di conseguenza essa è piú difficile da mascherare. Agli effetti pratici, tuttavia, è necessario tenere presente che questi prodotti di distorsione, se generati dalle frequenze fondamentali di un segnale musicale, tendono a cadere in una zona in cui l'orecchio non è molto sensibile. Lo stesso ragionamento vale per la distorsione d'intermodulazione nei transitori (TIM), che può essere anche rivelata in prove con segnali stazionari, purché siano usati metodi adatti. Una definizione migliore di questa distorsione potrebbe essere quella di "distorsione delle alte frequenze"; è comunque opportuno ricordare che gli studi sull'udibilità della distorsione, effettuati con l'uso di segnali musicali, riguardano l'insieme dei tre tipi di distorsione: armonica, di intermodulazione ed ai transienti (se davvero questa esiste), poiché non esiste la possibilità di separarle.

Un tempo si era pensato di andare alla ricerca di un metodo che permettesse di pesare la distorsione degli amplificatori dal punto di vista dell'udibilità. Sulla base degli studi fatti, questo lavoro appare però inutile; non ha infatti alcun senso cercare di valutare l'influenza relativa di componenti, che nella maggior parte dei moderni amplificatori sono del tutto inavvertibili.

Tutti gli amplificatori danno lo stesso suono? - La risposta è: non necessariamente. I vari apparecchi differiscono innanzitutto tra loro per la potenza che possono erogare prima di sovraccaricare, per il rumore generato internamente e per la capacità di sopportare carichi con impedenza molto bassa e/o di genere reattivo senza che si manifestino effetti di sovraccarico o di instabilità.

Altri punti di differenziazione sono: la robustezza; la qualità di costruzione e la selezione dei componenti; la capacità dei sistemi di protezione automatica di entrare in azione senza provocare eccessivi effetti sul suono. I progetti atti ad esaltare queste caratteristiche possono però portare ad un notevole aumento dei costi e quindi del prezzo a cui gli apparecchi verranno venduti. ★

FILTRI "SCRATCH" E "RUMBLE" DI ALTE PRESTAZIONI



Circuito ultrasonico-infrasonico di basso costo da inserire nei jack esterni del preamplificatore

In teoria, i filtri scratch e rumble sono utili accessori di un sistema audio, ma in pratica, quelli incorporati in molti componenti dei sistemi hanno o frequenze di taglio non appropriate o pendenze troppo graduali (oppure entrambi i difetti) per svolgere adeguatamente le funzioni cui sono destinati. Se non si è soddisfatti di quelli inseriti nel proprio preamplificatore, amplificatore integrato o ricevitore, si provi il quartetto di filtri attivi ad alte-prestazioni descritti in questo articolo.

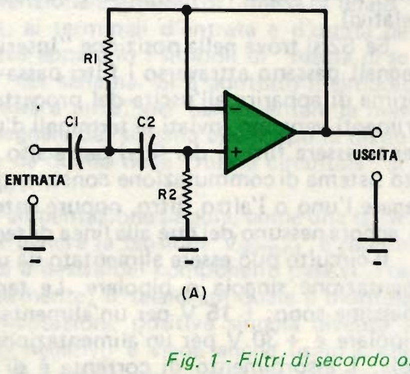
Essi sono stati progettati intorno ad un IC amplificatore operazionale quadruplo BIFET e possono essere inseriti o staccati dal percorso del segnale premendo un commutatore. Il progetto può essere costruito con modica spesa e le sue dimensioni compatte permettono di collocarlo dentro un componente audio già esistente. Inoltre, la modesta corrente da esso assorbita può essere facilmente fornita dall'apparecchio in cui viene inserito.

Descrizione dei filtri - Uno dei piú semplici progetti di filtri attivi si basa sulla configurazione di sorgente di tensione controllata dalla tensione. Questo circuito è comunemente noto come "progetto Sallen-Key", perché è stato descritto in un articolo di R. P. Sallen e E. L. Key pubblicato nel numero di marzo 1955 della rivista "IRE Transactions on Circuit Theory". Nella *fig. 1*, sono rappresentati schematicamente un filtro passa-alto (A) attivo e un filtro passa-basso (B) attivo di secondo ordine, che impiegano amplificatori operazionali. Anche se gli attuali tipi di amplificatori operazionali non erano disponibili nel 1955, il progetto di Sallen e Key è applicabile a filtri che impiegano dispositivi attivi costruiti piú recentemente.

Questi filtri hanno un guadagno pari all'unità entro le loro bande passanti, guadagno che è indipendente dai valori dei resistori. Hanno responsi di secondo ordine, che presentano un'attenuazione di 3 dB alla frequenza di taglio e una pendenza finale di 12 dB per ottava. Per applicazioni audio il piú utile filtro VCVS (sorgente di tensione controllata dalla tensione) è quello il cui responso è "massimamente piatto" ed il cui Q è 0,707. Ciò vale per i filtri descritti in questo articolo.

La frequenza di taglio (– 3 dB) del filtro passa-alto o passa-basso si può calcolare con la formula: $f_c = 1/[2\pi(R1R2C1C2)^{0,5}]$. Nel filtro passa-alto della *fig. 1-A*, C1 è dello stesso valore di C2, mentre la resistenza di R1 è pari alla metà di quella di R2. Ciò semplifica l'equazione per il calcolo della frequenza di taglio, che risulta cosí modificata: $f_c = 1/2{,}828\pi C1R1$. Parimenti, nel filtro passa-basso della *fig. 1-B* la resistenza di R1 è uguale a quella di R2 e la capacità di C2 è pari alla metà di quella di C1. L'equazione semplificata per la frequenza di taglio del filtro passa-basso è quindi la seguente: $f_c = 1/2{,}828\pi R2C2$. Si noti come il filtro passa-basso assomigli al filtro passa-alto, in cui però sono state scambiate le posizioni dei resistori e dei condensatori.

Se si vogliono ottenere dai filtri le prestazioni ottimali, i componenti passivi usati devono essere di alta qualità. Ad esempio, i resistori devono essere a strato o a pellicola metallica e i condensatori del tipo a mica, al polistirolo o Mylar. Per la scelta dell'amplificatore operazionale occorre orientarsi su un tipo adatto all'uso come ripetitore di ten-



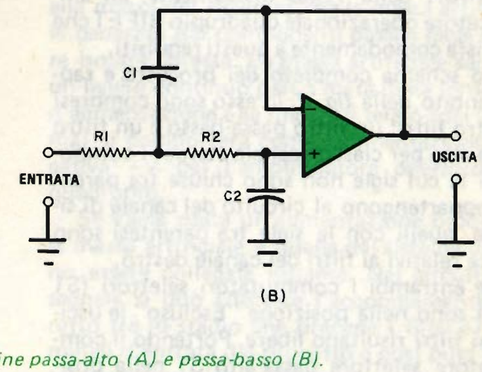


Fig. 1 - Filtri di secondo ordine passa-alto (A) e passa-basso (B).

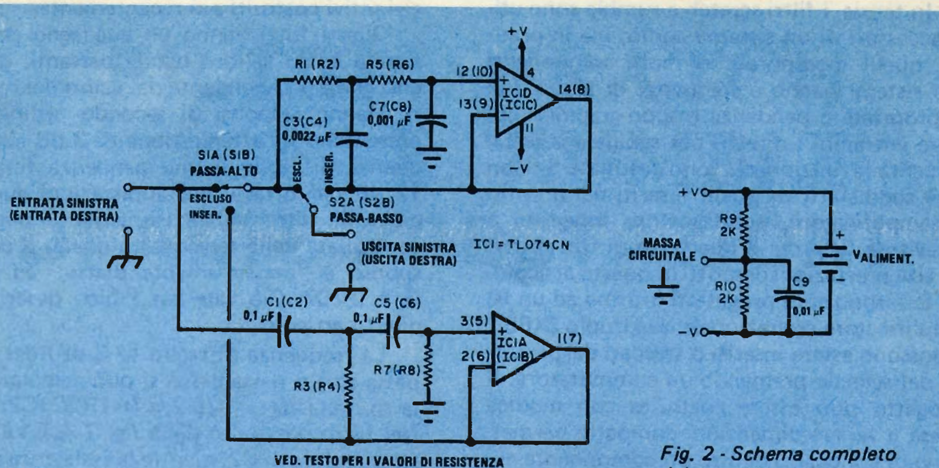


Fig. 2 - Schema completo del progetto.

MATERIALE OCCORRENTE

C1-C2-C5-C6 = condensatori Mylar, a mica o al polistirolo da 0,1 µF - 5%
C3-C4 = condensatori Mylar, a mica o al polistirolo da 0,0022 µF - 5%
C7-C8 = condensatori Mylar, a mica o al polistirolo da 0,001 µF - 5%
C9 = condensatore Mylar, ceramico a disco, a mica o al polistirolo da 0,01 µF*
IC1 = amplificatore operazionale quadruplo BIFET TL074CN
I seguenti sono resistori fissi a strato da 1/4 W - 5% (oppure a pellicola metallica da 1/4 W o da 1/8 W - 1%) salvo precisazione diversa
R1-R2-R5-R6 = (ved. testo)
R3-R4 = (ved. testo)
R7-R8 = (ved. testo)
R9-R10* = resistori a strato o a pellicola metallica da 2 kΩ - 1/2 W, 5% oppure 10%*
S1-S2 = commutatori a 2 vie e 2 posizioni
Circuito stampato o basetta perforata, zoccolo per l'IC, alimentatore e scatola adatti, filo per collegamenti, cavetto schermato, distanziatori, stagno, minuterie di montaggio e varie
**Questi componenti sono necessari soltanto se viene usato un alimentatore a singola uscita.*

Per l'acquisto dei materiali rivolgersi alla ditta SVETI-MAR - via L. Bellardi 126 10146 Torino

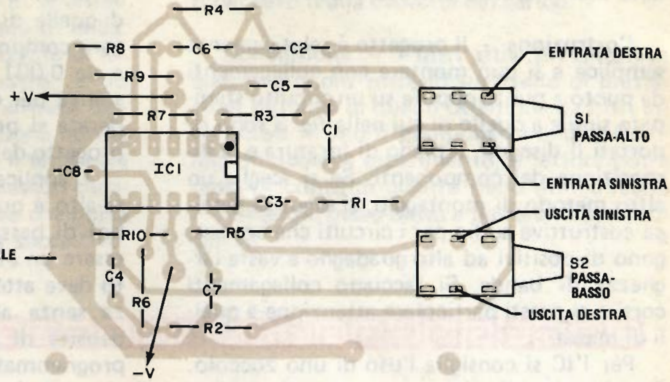
sione, cioè con alta impedenza d'entrata, bassa corrente d'entrata e alta velocità. Per la costruzione del prototipo è stato scelto il TL074CN della Texas Instruments, un amplificatore operazionale quadruplo BIFET che soddisfa comodamente a questi requisiti.

Lo schema completo del progetto è rappresentato nella *fig. 2*; in esso sono compresi quattro filtri: un filtro passa-basso e un filtro passa-alto per ciascun canale stereo. I componenti le cui sigle non sono chiuse tra parentesi appartengono al circuito del canale di sinistra, quelli con le sigle tra parentesi sono invece relativi ai filtri del canale destro.

Se entrambi i commutatori selettori (S1 e S2) sono nella posizione "Escluso", le uscite dei filtri risultano libere. Portando il commutatore selettore passa-alto S1 nella posizione "Inserito", si collegano le uscite dei filtri passa-alto (IC1A, IC1B e i relativi componenti) alle posizioni "Escluso" del commutatore selettore passa-basso S2 e alle entrate dei filtri passa-basso (IC1C, IC1D e componenti relativi).

Se S2 si trova nella posizione "Inserito", i segnali passano attraverso i filtri passa-basso prima di apparire all'uscita del progetto. Altrimenti vengono inviati ai terminali d'uscita senza essere filtrati dai filtri passa-alto. Questo sistema di commutazione consente di collegare l'uno o l'altro filtro, oppure entrambi o ancora nessuno dei due alla linea di segnale.

Il circuito può essere alimentato da un'alimentazione singola o bipolare. Le tensioni massime sono: ± 15 V per un'alimentazione bipolare e + 30 V per un'alimentazione singola. L'assorbimento di corrente è di circa 10 mA. I componenti C9, R9 e R10 sono



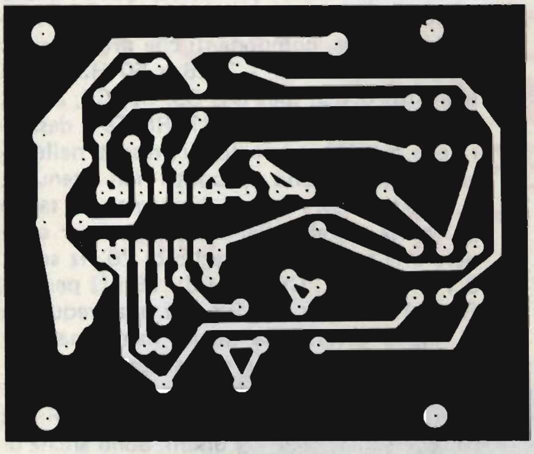


Fig. 3 - Disegno in grandezza naturale con piano di foratura del circuito stampato e disposizione dei componenti.

necessari soltanto se si impiega un'alimentazione singola; essi generano una "massa circuitale" artificiale, indicata nella *fig. 2* con il convenzionale simbolo di "massa di telaio". Invece, ai terminali d'entrata e d'uscita del progetto appaiono i simboli di "massa di segnale" del sistema. Si è adottato il simbolo di "massa a terra" per rappresentare la massa di segnale del sistema allo scopo di distinguerlo da quello della "massa circuitale" artificiale.

Un'alimentazione singola, come una batteria che genera la tensione $V_{aliment.}$, è rappresentata a destra dei componenti passivi. Tradizionalmente, il telaio sul quale è montata un'alimentazione positiva singola diventa il ritorno negativo e viene anche usato come massa di segnale per il circuito alimentato dall'alimentatore. Nel caso di questi filtri attivi, alimentati da un'alimentazione singola, il telaio può essere usato come massa di segnale d'entrata e d'uscita (che sarà collegata alla massa del sistema), ma la massa artificiale generata dai componenti passivi deve essere isolata da essa. La massa artificiale sarà ad un livello continuo pari a metà della tensione d'alimentazione e la massa di telaio (del sistema) si comporterà come l'alimentazione negativa −V per l'amplificatore operazionale quadruplo.

Se viene usata un'alimentazione bipolare, la massa artificiale e quella del sistema devono essere collegate insieme. Nel circuito di segnale si può adottare l'accoppiamento diretto tra lo stadio che precede i filtri e i terminali d'entrata del progetto e cosí pure tra i terminali d'uscita del progetto e l'entrata dello stadio successivo. Se invece il circuito vie-

ne alimentato da un alimentatore singolo, si deve usare l'accoppiamento capacitivo.

Costruzione - Il progetto è relativamente semplice e si può montare con collegamenti da punto a punto oppure su un circuito stampato simile a quello di cui nella *fig. 3* sono riportati il disegno, il piano di foratura e la disposizione dei componenti. Se si sceglie un altro metodo di montaggio, si segua la tecnica costruttiva audio per i circuiti che contengono dispositivi ad alto guadagno e vasta larghezza di banda. Si facciano collegamenti corti e si presti particolare attenzione a quelli di massa.

Per l'IC si consiglia l'uso di uno zoccolo. Si abbia cura di orientare correttamente questo integrato e di rispettarne le polarità quando si effettuano i collegamenti all'alimentatore, usando una quantità di calore e di stagno minima ma compatibile con la formazione di buone connessioni.

Il circuito stampato è stato progettato per l'uso di commutatori a pulsante per circuiti stampati. Se si preferisce impiegare altri tipi di commutatori, si colleghino semplicemente le piste di rame del circuito stampato con i giusti terminali dei commutatori montati a distanza, mediante pezzi di filo flessibile per collegamenti.

La basetta dei filtri si può inserire direttamente in un componente audio oppure in una scatoletta a parte, adatta allo scopo, installandola in modo che i commutatori montati su essa (se usati) siano facilmente accessibili. Se il progetto viene incorporato in un componente audio già esistente, il modo più semplice per fornirgli la modesta corrente che assorbe consiste nel praticare una presa nell'alimentazione del dispositivo che lo contiene. Per alimentare il progetto si può usare una tensione più alta del dovuto, adottando la stabilizzazione con diodo zener.

Si noterà che i valori di tutti i componenti RC dei filtri attivi non sono stati specificati né sullo schema né nell'elenco dei materiali; ciò allo scopo di consentire di scegliere le frequenze di taglio dei filtri che si montano. Le formule per il progetto dei filtri passa-basso e passa-alto sono già state enunciate. Per i filtri passa-alto si usino valori di capacità uguali (0,1 µF) per C1, C5, C2 e C6 e si scelga per R2 un valore che sia il doppio di quello di R1; quest'ultimo si può calcolare ricorrendo all'equazione del progetto passa-alto. Per i filtri passa-basso si adotti lo stesso valore di resistenza per R1, R5, R2, R6; le capacità di C7 e C8 invece devono essere la metà di quelle di C3 e C4. E' consigliabile impiegare componenti da 0,0022 µF per C3 e C4 e da 0,001 µF per C7 e C8. I valori di resistenza per qualsiasi frequenza di taglio desiderata si possono calcolare usando i dati di progetto del filtro passa-basso.

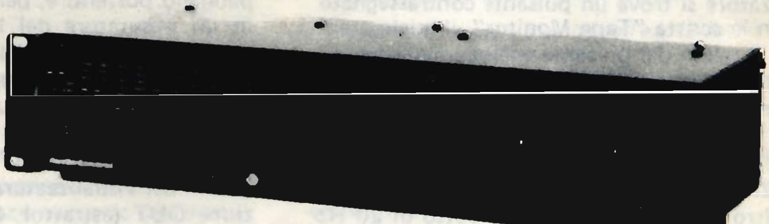
L'applicazione più comune del filtro passa-alto è quella di attenuare il rumble (rombo) di bassa frequenza di un giradischi. Per essere un efficace filtro antirombo, il circuito deve attenuare il rombo di bassa frequenza senza alterare in modo significativo la densità di potenza spettrale del materiale programmatico. La maggior parte delle registrazioni musicali contengono scarse informazioni nell'ottava più bassa, quindi quella di 50 Hz è una frequenza di taglio accettabile. I valori dei componenti che produrranno un'attenuazione di − 3 dB a 50 Hz sono i seguenti: 0,1 µF per C1, C5, C2, C6; 22 kΩ per R3, R4; 47 kΩ per R7, R8. Se si desidera che tutti i bassi profondi presenti nelle registrazioni vengano riprodotti non attenuati, si dovrà passare a una frequenza di taglio più bassa. I valori dei componenti per ottenere una frequenza di taglio di 20 Hz sono: 0,1 µF per C1, C5, C2, C6; 56 kΩ per R3, R4; 110 kΩ per R7, R8. Per una frequenza di taglio diversa da quelle menzionate, si calcolino i nuovi valori di resistenza.

I filtri passa-basso vengono frequentemente impiegati per attenuare il soffio MF e il rumore superficiale dei dischi. Sono anche utili per attenuare le subportanti MF stereo di 19 kHz, che possono provocare interferenze. Per essere un efficace filtro di soffio o subportante, il circuito deve attenuare il rumore di frequenza alta senza perdita di contenuto programmatico alle frequenze più basse. La maggior parte del materiale programmatico musicale contiene scarse informazioni sugli alti estremi, per cui quella di 13 kHz è una frequenza di taglio accettabile. I valori dei componenti che produrranno questo responso sono: 8,2 kΩ per R1, R5, R2, R6; 0,0022 µF per C3, C4; 0,001 µF per C7, C8. Per una frequenza di taglio più alta, ad esempio di 19 kHz, si usino componenti dei seguenti valori: resistori da 5,6 kΩ per R1, R5, R2, R6; condensatori da 0,0022 µF per C3, C4 e da 0,001 µF per C7 e C8. Anche in questo caso, se si preferisce una frequenza di taglio diversa da quelle citate, si devono calcolare i nuovi valori di resistenza.

Installazione ed uso - Il progetto può essere incluso in un sistema audio in qualsiasi punto in cui i segnali sono a livello di linea. Due possibili applicazioni sono quelle di installarlo nel circuito "ascolto nastro" e tra l'uscita del preamplificatore e l'entrata dell'amplificatore di potenza. E' buona norma inserire un resistore da 51 Ω tra il terminale d'uscita "caldo" del circuito di ciascun canale e il conduttore interno del cavo che porta i segnali all'entrata dello stadio successivo. Ciò può evitare oscillazioni dovute agli effetti del cavo o alla capacità del carico.

Conclusione - I filtri attivi presentati in questo articolo offrono un livello di prestazioni piú alto di quello ottenibile da filtri incorporati in molti componenti audio. Compiendo qualche esperimento, il lettore potrà rendersi conto di quanto siano utili in realtà i filtri audio passa-basso e passa-alto ben progettati. ★

EQUALIZZATORE GRAFICO ED ANALIZZATORE DI SPETTRO AUDIO CONTROL C-101



L'apparecchio Model C-101 della Audio Control è composto da un equalizzatore grafico a dieci bande e da un analizzatore di spettro in tempo reale, i cui filtri hanno bande di frequenza coincidenti con quelle regolabili mediante l'equalizzatore. Le due parti dello strumento sono funzionalmente separate, ma il loro impiego può venire coordinato regolando opportunamente i vari controlli disponibili.

L'utilità del C-101 come strumento per regolare un impianto per la riproduzione musicale domestica è fortemente aumentata grazie alla presenza di un generatore di rumore rosa e all'aggiunta di un microfono a condensatore separato di alta qualità, la cui uscita può venire visualizzata sull'analizzatore di spettro Per mezzo di esso è anche possibile utilizzare il C-101 come misuratore della pressione sonora, cioè come misuratore di SPL.

Le dimensioni del compatto C-101 sono: larghezza 450 mm, profondità 165 mm, altezza 90 mm; il suo peso è di 3,1 kg. Il pannello frontale è predisposto per il montaggio in un telaio (rack) EIA standard. Il prezzo di vendita si aggira intorno alle 700.000 lire.

Descrizione generale - Circa i due terzi del pannello frontale sono occupati dai cursori dell'equalizzatore grafico. Le manopole per la regolazione del canale sinistro e del canale destro in ciascuna banda di frequenza sono adiacenti; il loro movimento ha delle posizioni preferenziali in corrispondenza del centro (risposta piatta) e consente un campo di regolazione nominale fra ± 12 dB e 15 dB. Ogni regolazione possiede una scala tarata ad intervalli di 3 dB, compresa fra – 15 dB e + 15 dB. I valori delle frequenze centrali delle bande dell'equalizzatore sono: 32 Hz, 60 Hz, 120 Hz, 240 Hz, 480 Hz, 960 Hz, 1920 Hz, 3840 Hz, 7680 Hz, e 15.500 Hz.

I due piccoli commutatori a pulsante contrassegnati con le scritte "Equalizer Program" e "Equalizer Tape" servono per inserire i circuiti dell'equalizzatore nel percorso del segnale oppure nel percorso uscente verso un registratore a nastro, che viene connesso alle prese jack disposte sul pannello posteriore del C-101. I pulsanti sono collegati tra loro meccanicamente in maniera tale che è necessario rilasciarne uno se si vuole premere l'altro. La possibilità di equalizzare un brano prima di registrarlo è un'utile caratteristica, raramente esistente negli equalizzatori grafici moderni.

In prossimità dei commutatori dell'equalizzatore si trova un pulsante contrassegnato con la scritta "Tape Monitor", il quale prende il posto del pulsante analogo dell'amplificatore al quale il C-101 è collegato. Nell'apparecchio sono pure compresi due dispositivi per la diminuzione del rombo, che funzionano anche quando i circuiti dell'equalizzatore sono scavalcati. Il "Subsonic Filter" (filtro subsonico) taglia al di sotto di 20 Hz con una pendenza di 18 dB per ottava, mentre il "Rumble Reducer" (riduttore di rombo) sopprime il rombo verticale (fuori fase), sommando le uscite corrispondenti ai due canali alle frequenze inferiori a 200 Hz. Questa operazione non influenza affatto la direzionalità stereofonica e l'energia totale alle basse frequenze, poiché la maggior parte del contenuto energetico ai bassi dei brani musicali è il medesimo per entrambi i canali.

Un terzo del pannello frontale, cioè la parte situata a destra, è occupata dall'analizzatore di spettro in tempo reale (RTA), il cui visualizzatore è formato da novanta LED rossi disposti secondo una matrice rettangolare (dieci colonne di nove LED ciascuna). Ogni colonna verticale è contrassegnata con l'indicazione della banda corrispondente dell'equalizzatore, la cui frequenza è compresa fra 32 Hz e 15,5 kHz. Gli intervalli fra i diodi che servono come indicatori del livello possono essere predisposti a scelta al valore di 2 dB oppure al valore di 4 dB servendosi del commutatore "Range" (portata). La riga orizzontale centrale dei LED è tarata sul valore 0 dB ed il campo del visualizzatore attorno a quella linea può essere di ± 8 dB o di ± 16 dB. Nel modo di funzionamento RTA, in corrispondenza della riga a 0 dB che separa le bande ad ottave, si accende una fila di LED verdi.

Al di sotto dell'interruttore "Power" (accensione) si trova un pulsante "Function" (funzione), che attiva l'analizzatore in tempo reale (RTA) quando viene premuto. Allorché il pulsante è in posizione estratta, il visualizzatore mostra il livello totale sulla banda audio sotto forma di una riga orizzontale di LED rossi, la cui posizione dipende dal livello del brano. Un terzo quadrante relativo alle ampiezze, disposto sulla destra del visualizzatore e contrassegnato con la dicitura SPL (livello di pressione sonora), tarato da 60 dB a 92 dB con intervalli di 4 dB, è utilizzato quando il microfono (fornito insieme con il C-101) viene collegato alla presa jack, presente sul pannello posteriore, per trasformare il C-101 in un misuratore del livello sonoro (SLM) che indica il valore del livello in dBA (con pesatura A). Il commutatore "Range" deve essere predisposto a 4 dB per effettuare la lettura del SPL.

Quando il pulsante "Display Action" (risposta del visualizzatore) si trova nella posizione OUT (estratto), la risposta degli indicatori a LED è lenta; tale tipo di risposta è conveniente se si vogliono effettuare misure utilizzando il segnale di prova che simula il rumore rosa e con certi tipi di brani musicali. Spostando il pulsante nella posizione IN (premuto) si ottiene una risposta pronta, in maniera che il visualizzatore è in grado di seguire brevi picchi del segnale musicale. Vi è infine una piccola manopola "Input Level" (livello di ingresso), dotata al centro di una posizione preferenziale chiamata CAL. Nella posizione CAL il visualizzatore del C-101 mostra l'effettivo valore in SPL rilevato dal microfono. Questa regolazione è tarata a passi di 5 dB entro un campo di ± 20 dB e può essere sfruttata per estendere la portata del misuratore del livello sonoro, consentendo di

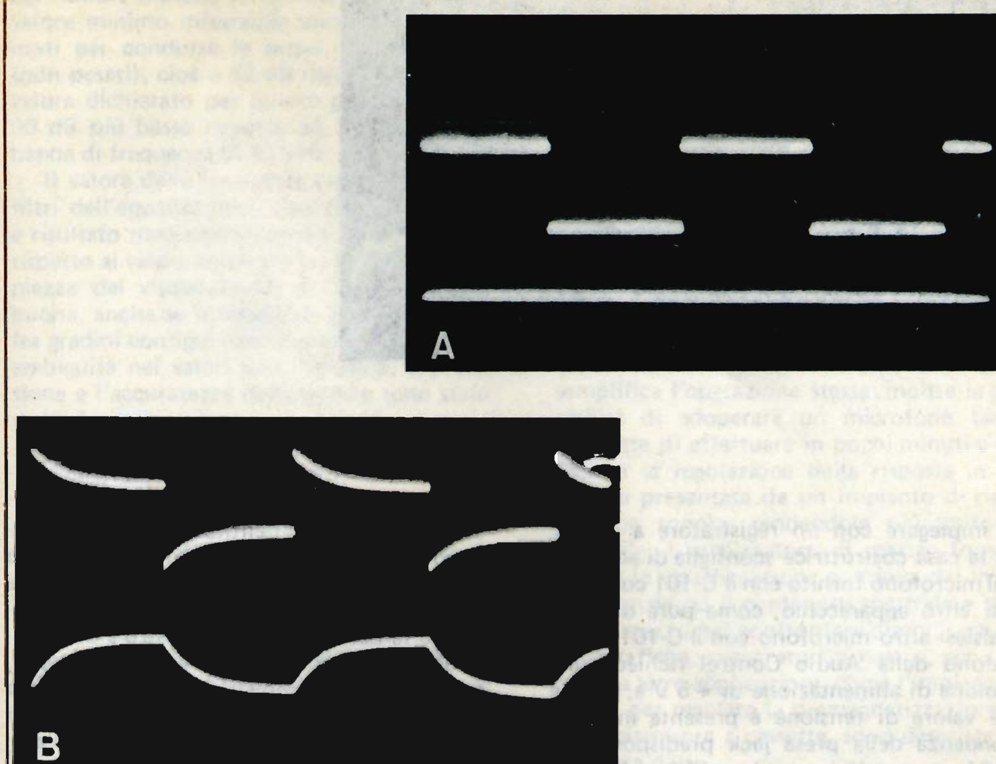


Fig. 1 - Forme oscilloscopiche del segnale d'uscita dell'equalizzatore ottenuto inviando al suo ingresso un'onda quadra con il riduttore di rombo disinserito (A) ed inserito (B).

effettuare letture da 40 dBA a 132 dBA. Essa serve anche come regolazione del livello di ingresso durante il funzionamento come analizzatore di spettro e come indicatore del livello sonoro.

Sul pannello posteriore sono presenti una serie di prese fono di tipo jack per gli ingressi e le uscite di linea, e una seconda serie di prese jack per gli ingressi e le uscite per il registratore. Il segnale di prova simulante il rumore rosa è disponibile su due jack fono, con un livello di 100 mV, sufficiente per pilotare gli ingressi ad alto livello di un amplificatore. Sotto di essi si trova una presa standard jack da 1/4 di pollice (6,4 mm), in cui viene inserita la spina del microfono quando si effettua la misura del livello di pressione sonora per la regolazione dell'acustica della sala d'ascolto. L'analizzatore di spettro commuta automaticamente l'ingresso, passando dal brano musicale all'uscita proveniente dal microfono allorché la spina di quest'ultimo viene inserita.

Il microfono consiste in un'unità a condensatore di tipo miniaturizzato, equipaggiata internamente con circuiti attivi che vengono alimentati mediante una tensione di 5 V attraverso il cavo del segnale. Una tipica curva di risposta fornita con il microfono rivela che la risposta in frequenza è compresa fra ± 1,5 dB da 30 Hz fino a 20 kHz e che la tolleranza sul valore della sua sensibilità è pari a ± 3 dB. Un simile livello di prestazioni è piú che adeguato per l'uso a cui è destinato lo strumento, anche se gli apparecchi professionali per la misura del livello sonoro sono caratterizzati generalmente da valori di tolleranza piú stretti. Si potrebbe pensare che il microfono Audio Control (oppure una coppia di essi) costituisca un accessorio molto utile

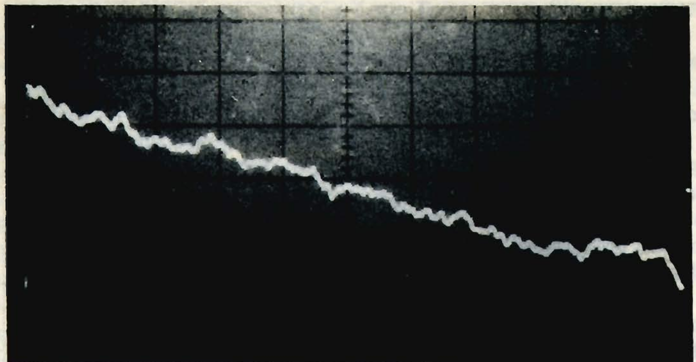


Fig. 2 - Analisi spettrale del segnale di prova, simulante rumore rosa, generato dal C-101; l'analisi è stata condotta su una banda in frequenza con andamento logaritmico compresa fra 20 Hz e 43 kHz.

da impiegare con un registratore a nastro, ma la casa costruttrice sconsiglia di adoperare il microfono fornito con il C-101 con qualsiasi altro apparecchio, come pure di usare qualsiasi altro microfono con il C-101. Il microfono della Audio Control richiede una tensione di alimentazione di + 5 V e, poiché tale valore di tensione è presente in corrispondenza della presa jack predisposta sul C-101, inserendo in essa lo spinotto di un altro microfono si danneggerebbe quest'ultimo.

Misure di laboratorio - Si sono effettuate misure dell'andamento della risposta in frequenza presentato dall'equalizzatore predisponendo le regolazioni ai loro valori estremi: ogni filtro è risultato avere un Q pari a 2,5, il che ha consentito di minimizzare le interazioni esistenti fra circuiti di regolazione adiacenti; tuttavia un certo fenomeno di interazione ha continuato a manifestarsi. La risposta in frequenza "piatta" presentata dalla sezione di equalizzazione è risultata eccellente e non ha prodotto praticamente nessuna alterazione della forma d'onda di un segnale ad onda quadra a 1 kHz. Scavalcando la sezione equalizzatrice, la risposta in frequenza ha subito un abbassamento di soli 0,1 dB a 5 Hz ed a 50 kHz e di 0,3 dB a 100 kHz (il valore dichiarato dalla casa costruttrice è di ± 0,75 dB da 3 Hz a 100 kHz).

Il filtro "Subsonic" ha ridotto il livello del segnale d'uscita di 3 dB a 20 Hz ed al di sotto di questa frequenza non si è misurata la pendenza. Il "Rumble Reducer" ha dimostrato di produrre l'effetto dichiarato dal costruttore, anche se l'entità della riduzione dipendeva dalla sorgente del rombo (il rombo laterale non viene influenzato). Le fotografie riportate nella *fig. 1-A* e nella *fig. 1-B* mostrano le uscite del canale sinistro e del canale destro del C-101 apparse sull'oscilloscopio, con il solo canale sinistro pilotato per mezzo di un'onda quadra a 100 Hz. Nella *fig. 1-A* il "Rumble Reducer" non è stato attivato; quando esso invece è stato inserito (*fig. 1-B*), il segnale è risultato presente in entrambi i canali con il medesimo livello a causa dell'azione di somma effettuata dal circuito. Le alterazioni della forma delle onde quadre presenti in entrambi i canali erano dovute al fatto che l'operazione di somma iniziava a circa 200 Hz e dava luogo ad un certo sfasamento che non era il medesimo per i due canali. Quando gli errori di fase erano complementari fra loro, il segnale risultante che veniva riprodotto (somma dei due canali) presentava la medesima forma d'onda del segnale originale.

Il valore dichiarato della distorsione armonica è inferiore od uguale allo 0,025% in corrispondenza di un livello di uscita di 1 V da 20 Hz a 20 kHz. Si è effettuata la misura di questo parametro alla frequenza di 1.000 Hz e si sono ottenuti valori compresi fra lo 0,003% e lo 0,0045% in corrispondenza di qualsiasi livello d'uscita compreso fra 0,1 V e 5 V, ed il valore dello 0,006% a 7 V (l'uscita di questa sezione con guadagno unitario tagliava la forma d'onda d'uscita a 7,3 V con un carico conforme alle norme IHF di 10 kΩ in parallelo con 1.000 picofarad). Il livello

del rumore d'uscita è risultato piú basso del valore minimo misurabile con gli strumenti usati per condurre le prove, pari a 80 μV (non pesati), cioè a 82 dB rispetto ad 1 V. Il valore dichiarato per questo parametro è di 90 dB piú basso rispetto ad 1 V entro una banda di frequenza di 10 kHz.

Il valore delle frequenze centrali dei dieci filtri dell'equalizzatore a bande di un'ottava è risultato mediamente compreso entro il 5% rispetto ai valori nominali. La taratura in ampiezza del visualizzatore a LED è apparsa buona, anche se intervalli di 2 dB o di 4 dB fra gradini contigui hanno provocato qualche ambiguità nei valori letti. Tuttavia, la precisione e l'accuratezza delle letture sono state soddisfacenti.

E' stata controllata la taratura del misuratore di livello sonoro servendosi del microfono e del segnale di prova simulante il rumore rosa diffuso attraverso diversi sistemi di altoparlanti; la verifica è stata condotta con la tecnica del confronto diretto, utilizzando come paragone il misuratore di livello sonoro 450 B della Scott. Predisponendo la manopola per la regolazione del livello di ingresso sulla posizione CAL, i valori della pressione sonora (SPL) indicati dal C-101 erano piú alti di una quantità compresa fra 4 dB e 10 dB (mediamente di 6 dB). Ruotando la manopola di regolazione "Input Level" in maniera da far coincidere i valori indicati dal C-101 con quelli misurati mediante lo strumento della Scott al livello di riferimento di 76 dBA, le indicazioni sono risultate precise entro tutta la portata del visualizzatore (per fare ciò si è dovuta predisporre al livello di 5 dB la manopola di regolazione dell'unità in prova).

Si è pure analizzato lo spettro del segnale di prova simulante il rumore rosa utilizzando l'analizzatore di spettro HP-3580A ed usando una scansione in frequenza con andamento logaritmico compreso fra 20 Hz e 43 kHz. Nella *fig. 2* si vede come lo spettro di energia abbia una pendenza verso il basso all'aumentare della frequenza con un andamento di 10 dB per decade (3 dB/ottava), in accordo con quella che è la definizione del rumore rosa per ciò che concerne il suo contenuto spettrale.

La sensibilità presentata dall'apparecchio predisposto su "Level" ad un segnale elettrico di ingresso proveniente dall'amplificatore associato è risultata di 0,575 V per un'indicazione di 0 dB (centro), utilizzando la posizione CAL della manopola di regolazione "Input Level". In corrispondenza della posizione estrema, questa manopola ha consentito di ottenere una lettura di 0 dB con un livello del segnale d'ingresso pari a 15,6 mV, mentre ruotandola completamente in senso antiorario ha permesso di spegnere completamente il visualizzatore.

Commenti d'uso - Il C-101 è un equalizzatore che consente di effettuare un'equalizzazione semplice ed accurata del proprio impianto di diffusione e dell'ambiente in cui si effettua l'ascolto. Il fatto di avere i cursori per la regolazione del canale sinistro e del canale destro disposti l'uno accanto all'altro, semplifica l'operazione stessa; inoltre la possibilità di adoperare un microfono tarato permette di effettuare in pochi minuti e con facilità la regolazione della risposta in frequenza presentata da un impianto di riproduzione sonora, rendendola piú uniforme possibile. L'analizzatore di spettro fornisce quindi la visualizzazione continua del livello del segnale od il contenuto spettrale e serve come mezzo per confrontare dischi, cartucce fonografiche, registratori a nastro, ecc. Numerose altre applicazioni, come l'impiego del C-101 per regolare la premagnetizzazione su un registratore a cassette, sono descritte nel manuale d'uso.

Si è anche provato ad equalizzare alcuni impianti di diffusione differenti ponendo il microfono in posizione prossima a quella di ascolto e si è constatato che, grazie al C-101, è possibile ottenere una risposta in frequenza praticamente piatta con ognuno di tali impianti in meno di cinque minuti. L'equalizzazione non ha reso tutti i diffusori uguali in quanto al suono emesso; alcune posizioni dei cursori sono però risultate le medesime per tutti gli impianti di diffusione in prova, il che ha rivelato l'esistenza di risonanze nell'ambiente d'ascolto, le quali generavano colorazioni nel suono prodotto da tutti i diffusori entro quell'ambiente. Dopo aver effettuato l'equalizzazione, tutti i diffusori davano luogo ad un suono piú "pulito".

Il C-101 è costituito in realtà da una combinazione dell'equalizzatore a bande di ottava C-22, prodotto dalla stessa casa, e dell'analizzatore in tempo reale C-50A con un generatore di rumore rosa e un microfono. Combinando i due apparecchi in modo da formare una singola unità estremamente compatta, il C-101 è piú facile da usare e costa un po' meno dei due apparecchi separati. ★

INDICE ANALITICO 1981

INFORMAZIONI TECNICHE

ALIMENTATORI, progetto e costruzione (parte prima); n. 4 - pag. 28.

ALIMENTATORI, progetto e costruzione (parte seconda); n. 5 - pag. 24.

ALIMENTAZIONE CC, controllo PWM; n. 6 - pag. 46.

ALTA FEDELTA', come migliorare le possibilità degli impianti stereo; n. 6 - pag. 50.

ALTOPARLANTI, generalità; n. 12 - pag. 5.

ALTOPARLANTI, migliore disposizione; n. 6 - pag. 50.

ASSEMBLATORI, programmi per elaboratori; n. 10 - pag. 51.

AUDIO, prove tecniche e prove di ascolto; n. 3 - pag. 57.

AUDIO, specifiche degli apparecchi; n. 9 - pag. 38.

BELAR (SISTEMA STEREO), descrizione; n. 1 - pag. 7.

CASSETTE, caratteristiche particolari; n. 10 - pag. 26.

CICLI DI LAVORO DEL 555, determinazione mediante calcolo; n. 3 - pag. 35.

CIRCUITI DIGITALI, ved. CIRCUITI NUMERICI.

CIRCUITI NUMERICI, nella riproduzione audio; n. 9 - pag. 4.

COMPARATORE A FINESTRA, circuito; n.1 - pag. 43.

COMPARATORE ANALOGICO, funzionamento e schemi; n. 1 - pag. 40.

COMPARATORI E DIVISORI DI TENSIONE INTEGRATI, per indicatori a barra luminosa; n. 5 - pag. 44.

COMPUTER ANALOGICI, circuiti (prima parte); n. 2 - pag. 56.

COMPUTER ANALOGICI, circuiti (seconda parte); n. 3 - pag. 44.

CONTROLLO PER MOTORI, circuito; n. 1 - pag. 56.

CPM (SISTEMA STEREO HARRIS), descrizione; n. 1 - pag. 12.

CP/M (SISTEMA STEREO HARRIS), istruzioni temporanee; n. 11 - pag. 33.

CP/M (SISTEMA STEREO HARRIS), mappa di memoria; n. 11 - pag. 32.

CP/M (SISTEMA STEREO HARRIS), programma di interfaccia standard ?; n. 11 - pag. 29.

C-QUAM (SISTEMA STEREO MOTOROLA), descrizione; n. 1 - pag. 9.

DIFFUSORI ACUSTICI, migliore disposizione; n. 6 - pag. 50.

DISPLAY A LED, ad alta risoluzione; n. 2 - pag. 52.

DISTORSIONE, negli altoparlanti; n. 12 - pag. 12.

DISTORSIONE, negli amplificatori audio; n. 12 - pag. 4.

DISTORSIONE, nei sintonizzatori MF; n. 3 - pag. 5.

DISTORSIONE TEMPORALE, negli apparecchi audio; n. 3 - pag. 58.

DIVERTI E INSEGNA, usando il televisore come lavagna luminosa; n. 5 - pag. 20.

EQUALIZZATORE TIPICO, comandi; numero 7/8 - pag. 6.

EQUALIZZAZIONE, come raddolcire il suono degli strumenti musicali; n. 7/8 - pagina 4.

ESPANSORI DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO, mediante linea di ritardo; n. 4 - pag. 4.

FIBRE OTTICHE, impiego in telefonia; n. 1 - pag. 58.

FIGURE DI LISSAJOUS, quiz; n. 10 - pagina 60.

FORNI A MICROONDE, per usi domestici; n. 1 - pag. 80.

FREQUENZE CARATTERISTICHE, degli strumenti musicali; n. 7/8 - pag. 10.

GUADAGNO DELLE ANTENNE, riferimenti e dati tipici; n. 5 - pag. 30.

HAFLER, effetto; n. 7/8 - pag. 58.

INDICATORE DI TENSIONE, circuito; n. 1 - pag. 44.

INDICATORI A BARRA LUMINOSA, circuiti; n. 5 - pag. 44.

INFORMAZIONI E DATI, trasmissione mediante raggi infrarossi; n. 2 - pag. 19.

INTERRUTTORI A FESSURA, con accoppiamento ottico; n. 7/8 - pag. 49.

INTERVALLO VERTICALE DELLA SCANSIONE TELEVISIVA, utilizzazioni future; n. 5 - pag. 4.

I/O, interfacciamento dei personal computers; n. 11 - pag. 13.

ISB (SISTEMA STEREO KAHN), descrizione; n. 1 - pag. 7.

LED ROSSO/VERDE, a tre stati; n. 9 - pagina 42.

LISSAJOUS (FIGURE), quiz; n. 10 - pag. 60.

LUCE INFRAROSSA, è dannosa per l'occhio umano ?; n. 1 - pag. 57.

MACROISTRUZIONE, definizione, esempio; n. 10 - pag. 51.

MADSEN, effetto; n. 7/8 - pag. 59.

MAGNAVOX (SISTEMA STEREO), descrizione; n. 1 - pag. 7.

MEMORIE A BOLLE, principio fisico e funzionamento; n. 5 - pag. 38.

MEMORIE DI MASSA, applicazioni, terminologia, sistemi; n. 4 - pag. 45.

MICROCALCOLATORE, evoluzione; n. 6 - pag. 4.

MICROCALCOLATORI, scatole di montaggio; n. 11 - pag. 16.

MICROCALCOLATORI, scatole di montaggio; n. 11 - pag. 19.

MICROELABORATORE, sistemi, scelta; numero 11 - pag. 4.

MICROELABORATORE, ved. anche MICROCALCOLATORE e PERSONAL COMPUTERS.

MICROPROCESSORE, sviluppo ad opera della Texas Instruments; n. 6 - pag. 6.

MICROPROCESSORI, impieghi in apparecchiature audio; n. 1 - pag. 24.

MISURA ANECOICA, (in campo libero); n. 12 - pag. 9.

MODULAZIONE A LARGHEZZA D'IMPULSI, controllo dell'alimentazione; numero 6 - pag. 46.

MONITOR, programmi di controllo dell'elaboratore; n. 9 - pag. 55.

MONOSTABILE, con circuito integrato 555; n. 6 - pag. 34.

MUSICA AL CALCOLATORE, storia, tecniche, esperimenti (parte 1ª); n. 6 - pag. 54.

MUSICA AL CALCOLATORE (parte 2ª), teorema del campionamento, miscelazione delle forme d'onda calcolate, programma per segnalazione multifrequenza, memoria di massa e riproduzione; n. 7/8 - pag. 55.

MUSICA E RUMORE, panoramica stereo; n. 2 - pag. 46.

NASTRO (SISTEMI A NASTRO), per elaboratore; n. 3 - pag. 50.

OSCILLOSCOPIO COMPATTO, a LED; numero 7/8 - pag. 43.

PERSONAL COMPUTERS, caratteristiche e mercato; n. 11 - pag. 12.

PERSONAL COMPUTERS, scatole di montaggio; n. 11 - pag. 16.

PERSONAL COMPUTERS, scatole di montaggio; n. 11 - pag. 19.

POTENZA D'USCITA, negli amplificatori audio; n. 12 - pag. 44.

POTENZIOMETRI, quiz; n. 2 - pag. 62.

PROGRAMMA DI INTERFACCIA, sistema operativo CP/M; n. 11 - pag. 29.

PROGRAMMI ASSEMBLATORI, funzioni, tipi, caratteristiche; n. 10 - pag. 51.

PROGRAMMI DI CONTROLLO, dell'elaboratore; n. 9 - pag. 55.

PWM, modulazione a larghezza d'impulsi; n. 6 - pag. 46.

QUIZ, semplici problemi e relative soluzioni; n. 7/8 - pag. 51.

RADIOTRASMISSIONI IN MF, distorsioni; n. 3 - pag. 4.

REATTANZA CAPACITIVA, calcolo facilitato; n. 2 - pag. 50.

REGISTRATORE VIDEO, digitale; n. 9 - pag. 32.

REGISTRAZIONE NUMERICA, considerazioni; n. 1 - pag. 52.

REGISTRAZIONE SECONDO NATURA, nuove procedure; n. 5 - pag. 34.

RICEZIONE TELEVISIVA, sviluppi futuri; n. 5 - pag. 4.

RIFERIMENTI DI PRECISIONE, per tensione e corrente; n. 6 - pag. 40.

RIPRODUZIONE STEREOFONICA, nell'auto; n. 10 - pag. 4.

RIVERBERAZIONE, per ricreare l'ambiente d'ascolto; n. 7/8 - pag. 57.

RIVERBERAZIONE D'AMBIENTE, simulazione mediante ritardo del segnale; n. 4 - pag. 4.

RUMORE, campi di applicazione; n. 11 - pag. 44.

SCHERMO TV (GRANDE), primi modelli in Italia; n. 2 - pag. 4.

SEMICONDUTTORI, evoluzione ad opera della Texas Instruments; n. 6 - pag. 4.

SINTETIZZATORE D'AMBIENTE, ved. ESPANSORI DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO.

SINTONIZZAZIONE, in MF; n. 3 - pag. 4.

SPEAK AND SPELL, metodo linguistico a microprocessore; n. 6 - pag. 11.

SPECIFICHE DEGLI APPARECCHI AUDIO, scarsa validità; n. 9 - pag. 38.

STABILIZZATORI DI TENSIONE, circuiti con diodi Zener; n. 6 - pag. 40.

STAMPANTE ELETTROSENSIBILE, per microcalcolatore; n. 11 - pag. 28.

STAMPANTE PER MICROCALCOLATORE, come sceglierla; n. 11 - pag. 21.

STAMPANTE TERMICA, per microcalcolatore; n. 11 - pag. 27.

STAMPANTI A IMPATTO, per microcalcolatori; n. 11 - pag. 24.

STEREOFONIA, cinque sistemi in modulazione d'ampiezza; n. 1 - pag. 4.

STEREOFONIA, musica e rumore; n. 2 - pag. 46.

STEREOFONIA, nell'auto; n. 10 - pag. 4.

STEREOFONIA, registrazione secondo natura; n. 5 - pag. 34.

STRUMENTI MUSICALI, loro frequenze caratteristiche; n. 7/8 - pag. 10.

SUONO E CARATTERISTICHE TECNICHE (DEGLI ALTOPARLANTI), punto di vista oggettivo; n. 12 - pag. 6.

SUONO E CARATTERISTICHE TECNICHE (DEGLI ALTOPARLANTI), punto di vista soggettivo; n. 12 - pag. 13.

TASTIERE, per sistemi a microcalcolatori; n. 10 - pag. 36.

TECNICHE DIGITALI, ved. TECNICHE NUMERICHE.

TECNICHE NUMERICHE, in campo audio; n. 9 - pag. 4.

TELECAMERA, Vidiprinter (stampa immagini); n. 2 - pag. 51.

TELEELABORAZIONE, in ricezione televisiva; n. 5 - pag. 18.

TELETEXT, sistema americano e sistema inglese; n. 5 - pag. 16.

TELEVIEW, in ricezione televisiva; n. 5 - pag. 18.

TELEVISIONE, futuri sviluppi; n. 5 - pag. 4.

TELEVISORI A COLORI A PROIEZIONE, a grande schermo; n. 2 - pag. 4.

TEMPORIZZATORE DI INTERVALLO, con circuito integrato 555; n. 6 - pag. 34.

TEMPORIZZATORE D'INTERVALLO, con circuito integrato 556; n. 6 - pag. 37.

TEMPORIZZATORE D'INTERVALLO, con circuito integrato XR-2240; n. 6 - pag. 38.

TENSIONE ALTERNATA, misura diretta del valore efficace; n. 10 - pag. 42.

TRASMISSIONE DATI, mediante raggi infrarossi; n. 2 - pag. 19.

ZENER (DIODO), impiego come generatore di tensione di riferimento; n. 6 - pag. 40.

COSTRUZIONI - CONSIGLI PRATICI

ALIMENTATORE, per filtri di incrocio e amplificatori di potenza (Hi-Fi); n. 12 - pag. 26.

ALIMENTATORE DI PRECISIONE, per il banco di lavoro; n. 6 - pag. 14.

ALIMENTATORI, protezione contro i sovraccarichi; n. 11 - pag. 36.

ALIMENTATORI, tipiche applicazioni; n. 5 - pag. 25.

ALLARME, per la porta del frigorifero; numero 4 - pag. 41.

ALLARME PER ACQUA NELLA SENTINA, per imbarcazioni; n. 7/8 - pag. 15.

ALTOPARLANTI, circuito di protezione; numero 9 - pag. 61.

AMPLIFICATORE OPERAZIONALE, impiego per l'interfacciamento nei sistemi a microprocessori; n. 4 - pag. 54.

ANTENNA CB, regolazione per il minimo SWR; n. 3 - pag. 12.

CAPACIMETRO-INDUTTANZIMETRO, di precisione; n. 4 - pag. 58.

CERCA-METALLI, di basso costo e alta sensibilità; n. 11 - pag. 50.

CIRCUITO ANALOGICO, a campionamento e tenuta; n. 4 - pag. 54.

CIRCUITO DI PROTEZIONE, per altoparlanti; n. 9 - pag. 61.

COMPENSATORE DELLA TENSIONE DI RETE, a trasformatore; n. 2 - pag. 49.

CONTROLLO DI BATTERIA, per imbarcazioni; n. 5 - pag. 51.

CONVERTITORI DA FREQUENZA A TENSIONE, circuiti e applicazioni; numero 10 - pag. 31.

CONVERTITORI DA TENSIONE A FREQUENZA, circuiti e applicazioni; n. 9 - pag. 44.

"DOMESTICO" ELETTRONICO, per accensione e spegnimento degli elettrodomestici; n. 7/8 - pag. 61.

EFFETTI SONORI, generatore; n. 9 - pagina 50.

FILTRI "SCRATCH" E "RUMBLE", di alte prestazioni; n. 12 - pag. 48.

FILTRO DI INCROCIO, per altoparlanti; n. 12 - pag. 22.

FILTRO DINAMICO DI RUMORE, per eliminare disturbi di riproduzione (con nastri e dischi) e di ricezione (con radioricevitori); n. 1 - pag. 16.

FRECCE LUMINOSE, per ciclomotori; numero 2 - pag. 16.

FREQUENZIMETRO DIGITALE, impiego nella realizzazione di un induttanzimetro-capacimetro; n. 4 - pag. 58.

FRIGORIFERO, protetto da allarme; numero 4 - pag. 41.

GENERATORE DI EFFETTI SONORI, sibilo di una sirena, tonfo di una pietra; n. 9 - pag. 50.

GENERATORE DI TONI A TRE STATI, per uso universale (allarme, metronomo, ecc.); n. 10 - pag. 62.

GIOCO BINARIO ALTO-BASSO, per esercitarsi a pensare in codice binario; numero 3 - pag. 55.

GUASTI INSOLITI, nei televisori; n. 9 - pagina 26.

INDICATORE DI SOVRATENSIONE, per imbarcazioni; n. 5 - pag. 53.

INDICATORE DI TIMONE, per imbarcazioni; n. 5 - pag. 57.

INDICATORE DI TOSATURA, per l'amplificatore audio; n. 9 - pag. 12.

INDICATORI A LED, circuiti; n. 5 - pagina 44.

INDICATORI DI SVOLTA, per ciclomotori; n. 2 - pag. 16.

INDICATORI ELETTRONICI, per imbarcazioni; n. 5 - pag. 61.

INDICATORI ELETTRONICI, per imbarcazioni; n. 7/8 - pag. 15.

INDUTTANZIMETRO-CAPACIMETRO, di precisione; n. 4 - pag. 58.

INTERRUTTORE DI SICUREZZA, per risparmiare energia; n. 10 - pag. 56.

INTERRUTTORE PER POMPE DI SCARICO, a stato solido; n. 11 - pag. 38.

MARKER, economico; n. 1 - pag. 47.

MISURATORE DI SERBATOIO, per l'acqua fresca delle imbarcazioni; n. 5 - pag. 56.

MODELLISMO, semaforo a LED; n. 10 - pag. 20.

MODULO TRASMETTITORE, a LED; numero 1 - pag. 38.

MONOSTABILI, prontuario ad uso degli sperimentatori; n. 7/8 - pag. 30.

ORGANO A COLORI, tascabile; n. 10 - pagina 28.

OSCILLOSCOPIO SPERIMENTALE, a semiconduttori; n. 4 - pag. 50.

PONTE RF, per misure complete di impedenza; n. 2 - pag. 36.

PROVATRANSISTORI, per controlli di componenti in circuito; n. 3 - pag. 59.

PULSATORE AD ALTA CORRENTE, per LED; n. 6 - pag. 32.

PUNTALI, costruzione; n. 5 - pag. 62.

RETE DI DIVISIONE, per l'assegnazione dei segnali ai rispettivi altoparlanti; n. 12 - pag. 22.

RIVELATORE DI BASSO LIVELLO, per imbarcazioni; n. 5 - pag. 54.

RIVELATORI D'IMPULSO MANCANTE, applicazioni; n. 7/8 - pag. 46.

SALE DA GIOCO, segnapunti elettronico; n. 6 - pag. 60.

SEGNAPUNTI ELETTRONICO, per sale da gioco; n. 6 - pag. 60.

SEMAFORO A LED, per modelli ferroviari e automobilistici; n. 10 - pag. 20.

SISTEMA PILOTA A TRE VIE, per altoparlanti; n. 12 - pag. 22.

SONDA PER SEMICONDUTTORI, costruzione; n. 5 - pag. 62.

STRUMENTO A LETTURA DI PICCO, per economici registratori a cassette; n. 11 - pag. 60.

SUPER MARKER, per ricevitore OM; numero 1 - pag. 47.

SURFER, dispositivo psicoacustico; n. 3 - pag. 39.

TACHIMETRO, per imbarcazioni; n. 7/8 - pag. 17.

TELEVISORI, guasti insoliti; n. 9 - pag. 32.

TEMPORIZZATORE, per il disinserimento automatico di un carico; n. 10 - pag. 56.

TEMPORIZZATORI D'INTERVALLO, a circuiti integrati; n. 6 - pag. 34.

TRASMETTITORE A LED, con raggi infrarossi; n. 1 - pag. 38.

VOLTMETRO, per misurare la tensione alternata efficace (invece del solito valor medio); n. 10 - pag. 42.

APPARECCHI E ACCESSORI IN COMMERCIO

ALTOPARLANTI (SISTEMA AMPLIFICATO), Advent Corporation, mod. Powered Advent; n. 1 - pag. 32.

AMPLIFICATORE DI RIVERBERAZIONE, Pioneer, Mod. SR-303; n. 9 - pag. 23.

AMPLIFICATORE INTEGRATO, H. H. Scott, Mod. 480A; n. 7/8 - pag. 22.

AMPLIFICATORE STEREO, Hitachi, HMA-7500; n. 3 - pag. 27.

AMPLIFICATORE STEREO, SAE TWO, Mod. C3A; n. 2 - pag. 20.

ANALIZZATORE DI SPETTRO ED EQUALIZZATORE GRAFICO, Audio Control, Mod. C-101; n. 12 - pag. 53.

CUFFIA TELEFONICA "APERTA", Stanton, Mod. Dynaphase 35; n. 5 - pag. 32.

DIFFUSORI ACUSTICI, per uso mobile; numero 10 - pagg. 16 ÷ 17.

EQUALIZZATORE GRAFICO ED ANALIZZATORE DI SPETTRO, Audio Control, Mod. C-101; n. 12 - pag. 53.

ESPANSORE DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO, A.D.S., Mod. 10; n. 4 - pag. 7.

ESPANSORE DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO, Advent, Mod. 500, n. 4 - pag. 9.

ESPANSORE DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO
— Audio/Pulse, Mod. One; n. 4 - pag. 13;
— Audio/Pulse, Mod. Two; n. 4 - pag. 15.

ESPANSORE DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO, Bozak, Mod. 902; n. 4 - pag. 17.

ESPANSORE DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO, Phase Linear, Mod. 6000 Series Two; n. 4 - pag. 18.

ESPANSORE DELL'AMBIENTE DI ASCOLTO, SAE, Mod. 4100; n. 4 - pag. 19.

GIRADISCHI AUTOMATICO, Sanyo, Mod. TP1030; n. 9 - pag. 20.

GIRADISCHI SEMIAUTOMATICO, Philips, Mod. AF877; n. 6 - pag. 28.

INDICATORI A BARRA LUMINOSA, circuiti integrati di recente produzione; numero 5 - pag. 44.

MICROCALCOLATORI, Ohio Scientific, Sistema C8PDF, Challenger 8P; n. 11 - pagina 11.

MICROCALCOLATORI
— Commodore PET, Serie 2001, Exidy Inc., Sorcerer; n. 11 - pag. 7;
— Radio Shack, TRS80, Mod. II, Compucolor II, Mod. II; n. 11 - pag. 6.

MICROCALCOLATORI, scatole di montaggio; n. 11 - pag. 16.

MICROCALCOLATORI, Sistema Vector Business, MZ, Heathkit, H11A (16 bits), Colorgraphics, Apple II; n. 11 - pag. 9.

PERSONAL COMPUTERS, scatole di montaggio; n. 11 - pag. 16.

PREAMPLIFICATORE, Carver, Mod. C-4000; n. 6 - pag. 22.

REGISTRATORE A CASSETTE, B.I.C., Mod. T-2; n. 2 - pag. 27.

REGISTRATORE A CASSETTE, Pioneer, CT-F900; n. 1 - pag. 25.

REGISTRATORE A CASSETTE, Tandberg, Mod. TCD-440A; n. 12 - pag. 31.

SINTONIZZATORE MF, Kenwood, KT-917; n. 3 - pag. 16.

SINTONIZZATORE STEREO SAE TWO, Mod. T3U; n. 2 - pag. 20.

STEREOFONIA, radioricevitori per auto; n. 10 - pagg. 8 ÷ 9, 12 ÷ 13.

TEMPORIZZATORI, ved. anche TIMER.

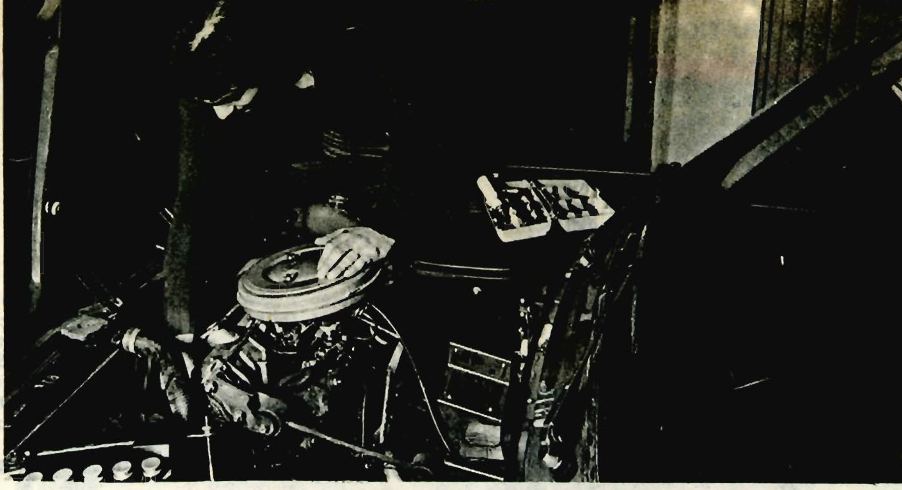
TEMPORIZZATORI D'INTERVALLO, con circuiti integrati 555, 556, XR-2240; numero 6 - pag. 34.

TESTINA FONORILEVATRICE, Empire, Mod. EDR. 9 "Extended Dynamic Response"; n. 4 - pag. 24.

TESTINE FONO STEREOFONICHE (Shure Brothers, Audio Technica, Pickering, ADC, Empire, Sonus), risultati di laboratorio e delle prove di ascolto; n. 12 - pagina 37.

TIMER
— 555; n. 7/8 - pag. 36;
— 558/559; n. 7/8 - pag. 40.

Presa d'atto Ministero della
Pubblica Istruzione N. 1391



TRA QUALCHE MESE POTRAI ESSERE UN
ELETTRAUTO SPECIALIZZATO

L'Elettrauto deve essere oggi un tecnico preparato, perché le parti elettriche degli autoveicoli sono sempre piú progredite e complesse e si pretendono da esse prestazioni elevate.
E' necessario quindi che l'Elettrauto possieda una buona preparazione tecnica e conosca a fondo l'impiego degli strumenti e dell'attrezzatura di controllo.

PUOI DIVENTARE UN ELETTRAUTO SPECIALIZZATO

con il nuovo Corso di Elettrauto per corrispondenza della Scuola Radio Elettra.
E' un Corso che parte da zero e procura non solo una formazione tecnica di base, ma anche una valida formazione professionale.



Se vuoi

- qualificarti
- iniziare una nuova attività
- risolvere i quesiti elettrici della tua auto

questa è la tua occasione !

COMPILATE RITAGLIATE IMBUCATE
spedire senza busta e senza francobollo

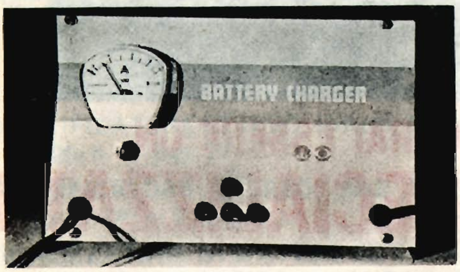
Francatura a carico del destinatario da addebitarsi sul conto credito n. 126 presso l'Ufficio P.T. di Torino A. D. - Aut. Dir. Prov. P.T. di Torino n. 23616 1048 del 23 - 3 - 1955

Scuola Radio Elettra
10100 Torino AD

E' UN CORSO PRATICO (CON MATERIALI)

Per meglio comprendere i fenomeni che intervengono nei circuiti elettrici, il Corso prevede la fornitura di una ricca serie di materiali e di attrezzature didattiche. Riceverai, compresi nel costo del Corso, un misuratore per il controllo delle tensioni e delle correnti continue, che realizzerai tu stesso; inoltre riceverai un saldatore, diversi componenti elettrici ed elettronici, tra cui transistori per compiere svariate esercitazioni ed esperienze, che faciliteranno la tua preparazione. Inoltre, avrai modo di costruire pezzo per pezzo, con le tue mani, un moderno

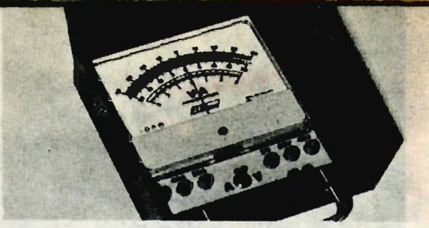
CARICABATTERIE:



interessante apparecchio, indispensabile per l'elettrauto, che può caricare qualsiasibatteria per autoveicoli a 6 V, 12 V e 24 V. Realizzato secondo le piú recenti tecniche costruttive, esso prevede dispositivi automatici di protezione e di regolazione, ed è dotato di uno strumento per il controllo diretto della carica. Inoltre, monterai tu stesso, con i materiali ricevuti, un

VOLTAMPEROMETRO PROFESSIONALE

strumento tipico a cui l'elettrauto ricorre ogniqualvolta si debba ricercare un guasto e controllare i circuiti elettrici di un autoveicolo.



AMPIO SPAZIO E' DEDICATO ALLA FORMAZIONE PROFESSIONALE

Nel Corso è previsto l'invio di una serie di **Schemari e Dati auto**, contenenti ben 200 schemi di autovetture, autocarri, furgoni, trattori agricoli, motoveicoli, ecc.; una raccolta di **Servizi Elettrauto** dedicati alla descrizione, manutenzione e riparazione di tutte le apparecchiature elettriche utilizzate negli autoveicoli. Completano la formazione tecnica una serie di dispense di **Motori**, di **Carburanti**, di **Tecnologia**,

IMPORTANTE

Al termine del Corso, la Scuola Radio Elettra ti rilascerà un attestato comprovante gli studi da te seguiti.

COI TEMPI CHE CORRONO...

...anche se oggi hai già un lavoro, non ti sentiresti piú sicuro se fossi un tecnico specializzato? Sí, vero? E allora non perdere piú tempo! Chiedici informazioni senza impegno.
Compila, ritaglia e spedisci questa cartolina. Riceverai gratis e senza alcun impegno da parte tua una splendida, dettagliata documentazione a colori.
Scrivi indicando il tuo nome, cognome, indirizzo. Ti risponderemo personalmente.

Scuola Radio Elettra
10126 Torino - Via Stellone 5 633
Tel. (011) 674432

LE LEZIONI ED I MATERIALI SONO INVIATI PER CORRISPONDENZA

INVIATEMI GRATIS TUTTE LE INFORMAZIONI RELATIVE AL CORSO DI 633

ELETTRAUTO

PER CORTESIA, SCRIVERE IN STAMPATELLO

MITTENTE:
NOME ____________
COGNOME ____________
PROFESSIONE ____________ ETÀ ______
VIA ____________ N. ______
CITTÀ ____________
COD. POST. ________ PROV. ________

MOTIVO DELLA RICHIESTA: PER HOBBY ☐
PER PROFESSIONE O AVVENIRE ☐


CORSO DI
FOTOGRAFIA
per corrispondenza
Presa d'atto Ministero della Pubblica Istruzione N. 1391
QUESTI SONO SOLO ALCUNI DEGLI ARGOMENTI TRATTATI NEL CORSO DI FOTOGRAFIA. RICHIEDA SENZA ALCUN IMPEGNO DA PARTE SUA DETTAGLIATE INFORMAZIONI SUL CORSO DI FOTOGRAFIA SCRIVENDO A
tecnica di ripresa
e di stampa
ingrandimento
sviluppo del
colore
smaltatura
ecc.
Scuola Radio Elettra
10126 Torino - Via Stellone 5/633
Tel. (011) 674432